

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



“Forraje verde hidropónico de cebada (*hordeum vulgare*) y maíz (*zea mays*) en
la dieta de cuyes machos (*cavia porcellus*) en recría”

TESIS

PRESENTADO POR:

GLORIA STHEFANY LOA ARONI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO

VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

ABANCAY – PERÚ

2018



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



TESIS

“FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y MAÍZ (*Zea mays*) EN LA DIETA DE CUYES MACHOS (*Cavia porcellus*) EN RECRÍA”

Presentado por **GLORIA STHEFANY LOA ARONI**, para optar el título de Médico Veterinario
y Zootecnista

Sustentado y aprobado el 06 de junio de 2018, ante el jurado:

Presidente:


M.Sc. Ludwing Angel Cárdenas Villanueva

Primer miembro:


MVZ. Martin Equicio Pineda Serruto

Segundo miembro:


M.Sc. Liliam Rocío Bárcena Rodríguez

Asesor:


Dr. Nilton César Gómez Urviola

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por darme su apoyo y guiar mi camino, siempre.

A mi compañero de vida Franklin, quien me inspira y alienta, y me apoyo en el análisis estadístico.

A mi asesor Dr. Nilton César Gómez Urviola y al jurado evaluador por el apoyo brindado en la revisión de este trabajo.

A los docentes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAMBA y otros amigos que me ayudaron a realizar este trabajo.

A Dios por guiar mi camino para seguir adelante a pesar de los problemas que supe enfrentar.

A mis queridas amigas Gretel, Graciela y muchas personas que acompañaron mi vida universitaria.



DEDICATORIA

A Teófila por su amor de madre y comprensión infinita, eres mi motivación más grande, a mi padre Manuel por el apoyo y cariño a quienes debo la vida y la persona que soy.

A mis hermanos Edith y Jhon con quienes quiero compartir este logro.



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I	5
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1 Descripción del problema.....	5
1.2 Objetivos	5
1.3 Justificación	6
CAPÍTULO II	7
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes.....	7
2.2. Bases teóricas.....	11
2.3. Marco conceptual.....	25
CAPÍTULO III	29
3. DISEÑO METODOLOGICO	29
3.1. Definición operacional de variables.....	29
3.2. Hipótesis de la investigación	29
3.3. Tipo y nivel de investigación.....	30
3.4. Materiales	30
3.3 Método y diseño de investigación.....	32
3.3.1 Lugar de estudio.....	32
3.3.2 Población de estudio.....	32
3.3.3 Instalaciones.....	33
3.3.4 Proceso para producir forraje verde hidropónico.....	34
3.3.5 Características del alimento balanceado a utilizarse en la investigación...	34
3.3.6 Suministro de alimento.....	35
3.4 Técnica de investigación.....	36



3.4.1 Rendimiento de forraje verde hidropónico.....	36
3.4.2 Análisis del valor nutricional del forraje verde hidropónico.....	36
3.4.3 Determinación del consumo de alimento.....	37
3.4.4 Determinación de la ganancia de peso vivo.....	38
3.4.5 Determinación de la conversión alimenticia.....	38
3.4.6 Determinación de la rentabilidad económica.....	39
3.4.7 Procesamiento y análisis de datos.....	39
CAPÍTULO IV.....	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	41
4.1 Rendimiento de forraje verde hidropónico (FVH).....	41
4.2 Ganancia de peso vivo.....	42
4.3 Conversión alimenticia.....	45
4.3.1 Consumo de forraje y alimento concentrado.....	47
4.3.2 Consumo de materia seca total (MST).....	49
4.3.3 Consumo de materia seca por semanas.....	51
4.4 Rentabilidad económica.....	52
CAPÍTULO V.....	53
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
5.1. Conclusiones.....	53
5.2. Recomendaciones.....	54
Referencia bibliográfica.....	55
Anexos.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Gasto de agua para la producción de forraje en condiciones de campo.	13
Tabla 2.	Composición nutricional del forraje hidropónico de cebada.	17
Tabla 3.	Requerimientos de nutrientes para cuyes mejorados criados en regímenes intensivos.	24
Tabla 4.	Operacionalización de variables	29
Tabla 5.	Tratamientos del experimento	33
Tabla 6.	Distribución de cuyes en pozas	33
Tabla 7.	Valor nutritivo del concentrado comercial	35
Tabla 8.	Análisis físico-químico FVH cebada y FVH maíz en base a materia seca (MS)	37
Tabla 9.	Rendimiento de FVH de cebada y maíz (g)	41
Tabla 10.	Ganancia de peso vivo (g) en cuyes bajo tres tratamientos	43
Tabla 11.	Índice de conversión alimenticia lograda en cuyes en los tres tratamientos.	46
Tabla 12.	Consumo de materia seca total por cuyes alimentados con tres dietas	49
Tabla 13.	Consumo de materia seca (MS) por cuy, semanal y acumulado, en los diferentes tratamientos.	51
Tabla 14.	Ganancia de peso vivo (g) promedio de cuyes por semanas alimentados con tres tratamientos.	66
Tabla 15.	Consumo de alimento acumulado por semana de cuyes alimentados con tres tratamientos.	67
Tabla 16.	Comparación de rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada y maíz	68
Tabla 17.	Análisis de varianza para la variable ganancia de peso vivo	68
Tabla 18.	Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia	69
Tabla 19.	Análisis de varianza para la variable consumo de materia seca total	69
Tabla 20.	Costos de alimentación	70
Tabla 21.	Total de ingresos por cuy logrado	71
Tabla 22.	Calculo de la utilidad bruta	71
Tabla 23.	Rentabilidad con fines comparativos del FVH por cuy	72



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Índice de rentabilidad económica respecto a tres tratamientos alimenticios	52
Figura 2. Módulo de producción de forraje hidropónico de la granja.	74
Figura 3. Producción de forraje verde hidropónico.	74
Figura 4. Sistema de riego en el módulo hidropónico.	75
Figura 5. Bandejas de FVH cebada, maíz y un ejemplar del experimento.	75
Figura 6. Distribución de las pozas	76
Figura 7. Poza del tratamiento de FVH cebada	76
Figura 8. Suministro de alimento concentrado	77
Figura 9. Pesado antes de suministrar el alimento FVH	77
Figura 10. Control del rendimiento del FVH maíz.	78
Figura 11. Pesado de los residuos FVH maíz.	78
Figura 12. Control de peso semanal.	79
Figura 13. Reproductor listo para la comercialización.	79



**“FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y
MAÍZ (*Zea mays*) EN LA DIETA DE CUYES MACHOS (*Cavia porcellus*) EN
RECRÍA”**

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons.



INTRODUCCIÓN

El cuy es una de las especies más fáciles de criar y adaptar a diferentes condiciones, posee una carne agradable y de alto contenido proteico y energético, que es aceptada por una gran parte de la población. Su dieta se compone generalmente de forraje y en crianzas intensivas es complementado con alimentos balanceados, los cuales tienen un alto costo en el mercado. Resultando por lo expuesto en una crianza sencilla y potencialmente económica (Chauca, 2007).

En el contexto actual, los agricultores del Perú no cuentan con suficiente espacio para cultivar pastos destinados a la alimentación de cuyes, esta situación a más de limitar la formulación de dietas alimenticias, empuja a los campesinos al uso de alimentos de bajo contenido nutricional (Rico y Rivas, 2003). Los que habitamos la sierra peruana, evidenciamos además condiciones climáticas cambiantes muchas veces adversas, como las sequías, inundaciones, heladas, nevadas, granizadas, que interfieren en lograr una producción adecuada y continua de forrajes.

La hidroponía, es un sistema de cultivo de alto rendimiento que requiere poco espacio y una mínima cantidad de agua. La producción de forraje verde hidropónico (FVH) representa una alternativa para los productores pecuarios, de mucha mayor relevancia, donde existe restricción en el uso del agua, factores climáticos adversos o tierras no laborables (Vargas, 2008).

El proceso de producción del forraje verde hidropónico (FVH) está comprendido dentro de un concepto nuevo de producción, ya que no se 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, ovinos, conejos (Tarrillo, 2007).

La alta eficiencia del FVH en el ahorro de agua explica porque los principales desarrollos de la hidroponía se hayan observado y se observen generalmente en países con ecozonas desérticas, así mismo, se haya convertido en una atractiva alternativa como fuente de forraje para pequeños productores afectados por pronunciadas sequías (Carámbula y Terra, 2000).

Observando que la provincia de Andahuaylas, región Apurímac, presenta la problemática señalada y sabiendo que su población tiene como principal fuente de ingresos la actividad agropecuaria, planteamos evaluar el forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) en la dieta de cuyes machos (*Cavia porcellus*) en recría. Para lograr este objetivo: (1) evaluamos el rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) por kilogramo de semilla; (2) determinamos la ganancia de peso vivo. (3) calculamos la conversión alimenticia; (4) y estimamos la rentabilidad.



RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) en la alimentación de cuyes machos en recría, se determinó la ganancia de peso vivo, consumo de alimento, conversión alimenticia y rentabilidad económica. La investigación se realizó en un galpón de crianza comercial – familiar, ubicado en el centro poblado de Llantuyhuanca, distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas, región Apurímac. Se emplearon 45 cuyes machos tipo 1 mestizos de cuatro semanas de edad, distribuidos aleatoriamente en tres tratamientos con quince observaciones cada uno (T1: forraje verde hidropónico de cebada + concentrado, T2: forraje verde hidropónico de maíz + concentrado y T3: alfalfa + concentrado), el periodo experimental duró 10 semanas. Los datos fueron sometidos al análisis de varianza de un solo factor y la comparación de medias realizada mediante Tukey ($\alpha = 0,05$). La mayor ganancia de peso vivo fue con T3 (715,6 g) en relación a T1 (633,93 g) y T2 (569 g) ($P < 0,05$). El consumo de alimento fue expresado en materia seca total siendo superior T3 (4143,13 g) que T2 (3372,4 g) y T1 (3342,57 g) ($P < 0,05$). Con relación a la conversión alimenticia, T1 (5,28) mostró mejores valores que T3 (5,90) y T2 (5,97) ($P < 0,05$). El mejor índice de rentabilidad lo obtuvo T1 (169,13 %) a diferencia de T2 (87,65 %) y T3 (68,46 %).

Palabras clave: alimentación, uso eficiente del agua, animales menores.



ABSTRACT

In order to evaluate the green hydroponic forage of barley (*Hordeum vulgare*) and corn (*Zea mays*) in the feeding of male guinea pigs in rearing, the live weight gain, feed consumption, feed conversion and economic profitability were determined. The investigation was carried out in a commercial-family breeding shed, located in the Llantuyhuanca town, district of Talavera, province of Andahuaylas, Apurímac region. We used 45 crossbred four-week-old male type 1 guinea pigs; randomly distributed in three treatments, each with fifteen observations (T1: hydroponic green forage of barley + concentrate, T2: hydroponic green forage of corn + concentrate and T3: alfalfa + concentrate), the experimental period lasted 10 weeks. The data were subjected to the analysis of variance of a single factor and the comparison of means performed by Tukey ($\alpha = 0.05$). The greatest live weight gain was with T3 (715.6 g) in relation to T1 (633.93 g) and T2 (569 g) ($P < 0.05$). The food consumption was expressed in total dry matter, being higher T3 (4143.13 g) than T2 (3372.4 g) and T1 (3342.57 g) ($P < 0.05$). With regard to feed conversion, T1 (5.28) showed better values than T3 (5.90) and T2 (5.97) ($P < 0.05$). The best profitability index was T1 (169.13%), unlike T2 (87.65%) and T3 (68.46%).

Key words: feeding, efficient use of water, small animals.



CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Los agricultores del Perú no cuentan con suficiente espacio para cultivar pastos cultivados destinados para la alimentación de cuyes, esta situación es un obstáculo para lograr formular adecuadas dietas alimenticias, optándose por dietas con bajo contenido nutricional con base a los restos de la cocina, lo peor es que todavía existen productores que desconocen esta realidad, y aunado al sistema de crianza familiar rudimentario y sin criterio técnico, se consiguen bajos rendimientos productivos y reproductivos (Rico y Rivas, 2003). Otro problema evidenciado en la sierra son las condiciones climáticas cambiantes muchas veces adversas, que producen sequías, inundaciones, heladas, nevadas, fenómenos que interfieren en lograr una producción adecuada y continua de forrajes. La escasez permanente de pastos de alto contenido proteico, es una limitante para el engorde de cuyes, el uso del concentrado en estos casos, si bien resuelven el problema, no pueden utilizarse en gran cantidad por el costo, siendo una alternativa el forraje verde hidropónico.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Evaluar el efecto del forraje verde hidropónico de la cebada (*Hordeum vulgare*) y el maíz (*Zea mays*) en la ganancia de peso vivo de cuyes (*Cavia porcellus*).

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar el rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) por kilogramo de semilla.



- b) Determinar la ganancia de peso vivo de cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con forraje verde hidropónico de la cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*).
- c) Calcular la conversión alimenticia del forraje verde hidropónico de la cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*).
- d) Estimar la rentabilidad del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) utilizado en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*).

1.3. Justificación

El cuy es un mamífero andino que gracias a sus peculiares características fue domesticado para la producción de carne, la misma que es de alto valor biológico por su elevado contenido de proteína, bajo contenido de grasa y buena digestibilidad (Chauca, 1997). La hidroponía, es un sistema de cultivo de alto rendimiento que requiere poco espacio y una mínima cantidad de agua. La producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) representa una alternativa para los productores pecuarios de regiones en donde se presentan limitaciones en cuanto a disponibilidad de agua, factores climáticos o de tierras laborables (Vargas, 2008). El FVH es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. Además el FVH, muestra al análisis químico, niveles bajos de fibra cruda (12 a 18%), mientras que una planta madura o en punto de corte, presenta niveles mayores de fibra cruda (20 a 30%). Los cuyes al tener un estómago simple no tiene la capacidad de digerir alimentos muy fibrosos, por lo que el FVH es un forraje ideal para su alimentación. El FVH, es altamente digerible, debido a su bajo contenido de fibra. Esta digestibilidad llega hasta 90 % mientras que la alfalfa presenta una digestibilidad de aproximadamente un 65% (FAO, 2001).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Silva (1994), evaluó el efecto de la utilización de la cebada y el maíz germinados en la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde durante 12 semanas, se usaron 50 cuyes destetados con peso promedio 290 g los datos experimentales fueron analizados empleando diseños de bloques completamente al azar, se emplearon 5 tratamientos de 10 animales cada uno, divididos en dos repeticiones. Los tratamientos fueron T1 (maíz germinado), T2 (cebada y maíz germinados), T3 (maíz germinado + balanceado), T4 (cebada y maíz germinados + alimento balanceado), T5 (maíz chala + alimento concentrado). Se suministró 200 g/cuy/día de germinado y forraje y alimento balanceado *ad libitum*. Determinando un incremento de peso total de 822,5 g para T5, luego en orden decreciente T4 con 569,0 g, T2 con 275,5 g y T1 con 172,75 g las conversiones alimenticias promedio, en orden decreciente fueron: 3,98; 4,49; 5,10; 5,71; 6,79 para los mismos tratamientos antes mencionados. Se concluyen que el empleo de una ración exclusiva de germinado, es una alternativa para la crianza doméstica, pero poco recomendable para una granja comercial, por lo que se recomienda suplementar el germinado con alimento balanceado para obtener pesos comerciales en menor tiempo de engorde.

Carrasco (1994), determinó el efecto de la utilización de la cebada germinada en la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde. Para ello se utilizó un total de 60 cuyes, se evaluó 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), evaluó el engorde de 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 (sexos). 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.

Quiñones (2011), realizó un experimento para determinar el rendimiento y composición química de forraje hidropónico de tres especies de cereales (cebada, maíz y arroz) que fueron regados con agua de sub-suelo (simple y con microorganismos benéficos [EM-1]). El experimento se condujo bajo las condiciones de un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x3 (dos tipos de agua y tres especies de cereales) en la Granja Ecológica Valle Sol SAC. El rendimiento de forraje hidropónico para el agua de subsuelo simple y con EM-1 fue de 4,27 y 4,22 kilos por bandeja, respectivamente; en tanto que para cebada, maíz y arroz fue de 6,54, 4,51 y 1,68 kilos por bandeja. No hubo diferencias significativas entre tipos de agua pero si ($P \leq 0,01$) entre especies de cereales, la cebada superó al maíz y este al arroz. Para agua simple y con EM-1 se obtuvo la siguiente composición: 14,15 y 14,30% de materia seca; 13,70 y 13,24% de proteína bruta (base seca); 17,83 y 16,49% de fibra cruda (base seca); 2,45 y 2,28% de grasa (base seca) y 4,3 y 4,37% de cenizas; no hubo diferencias significativas entre tipos de agua para cualquiera de los componentes analizados. Respectivamente para cebada, maíz y arroz se obtuvo 12,02; 14,94 y 15,71% de materia seca; 18,78; 14,98 y 6,64% de proteína bruta (base seca); 24,03; 13,61 y 13,84% de 65 fibra cruda (base seca); 2,68; 3,00 y 1,40% de grasa (base seca); 3,43; 2,68 y 6,90% de cenizas; 51,08; 65,73 y 71,22% de Nifex; la cebada superó significativamente



($P \leq 0,01$) a las otras especies en proteína, fibra y grasa; pero fue superada en materia seca, cenizas y Nifex. Para agua simple y con EM-1, los rendimientos (de 10 bandejas) fueron de 5,75 y 5,74 kilos de materia seca; 0,90 y 0,87 kilos de proteína bruta; 1,12 y 1,01 kilos de fibra cruda; 0,16 y 0,14 kilos de grasa; 0,21 y 0,21 kilos de cenizas; y 3,55 y 3,65 kilos de Nifex; sin diferencias significativas entre los tipos de agua dentro de cada componente. Respectivamente para cebada, maíz y arroz, los rendimientos (de 10 bandejas) fueron 7,87; 6,74 y 2,64 kilos de materia seca; 1,48; 1,01 y 0,18 kilos de proteína bruta; 1,90; 0,92 y 0,37 kilos de fibra cruda; 0,21; 0,20 y 0,04 kilos de grasa; 0,27; 0,18 y 0,18 kilos de cenizas; y 4,02; 4,43 y 1,88 kilos de Nifex. Con excepción de Nifex, los rendimientos de cebada fueron superiores a los de las otras dos especies.

Herrera (2007) utilizó 90 gazapos entre 18 a 20 días de edad, 45 machos y 45 hembras que fueron controlados hasta los 72 días de la alimentación; los resultados fueron: rendimiento del FVH por m^2 de la cebada 21,7 kg, para el caso del FVH de maíz amarillo de 13,6; kg y para el FVH de asociado (cebada más maíz amarillo) de 16,10 kg. Los consumos promedios a los 72 días de alimentación en materia seca, fue de 4035,52 g, utilizando el FVH de cebada, para el caso del consumo de FVH de maíz amarillo fue de 6544,04 g y con el FVH de asociado (cebada más maíz amarillo) fue de 5222,28 g; las ganancias de pesos totales de los cuyes utilizando FVH de cebada fue de 523,6 g, la ganancia de peso de los cuyes utilizando el FVH de maíz amarillo de 588,4; con el FVH asociado (cebada más maíz amarillo) fue de 561,0 g. La conversión alimenticia (CA) a los 72 días de la prueba para los animales alimentados con FVH de cebada fueron de 7,71, para los alimentados con FVH de maíz amarillo fue de 11,18; con el FVH asociado (cebada más maíz amarillo) fue de 9,37.



Gómez (2007), evaluó la producción de forraje verde hidropónico de maíz y cebada en 3 densidades de siembra 0,50; 0,75 y 1 kg semilla por bandeja (0,25 m²), y su respuesta en cuyes machos en las etapas de crecimiento y engorde con pesos aproximadamente iguales. En la producción FVH de cebada, con la densidad de siembra de 0,5 kg de semilla/bandeja, se obtuvo mayor rendimiento de 8,99 kg FVH/kg de semilla, mayor cantidad de materia seca 14,43%. La mejor producción de FVH de maíz se obtuvo con la densidad de un 1,0 kg de semilla por bandeja, con un rendimiento de 6,35 kg FVH/kg de semilla, siendo el nivel de proteína 12,14%. El mayor peso lo alcanzaron con los tratamientos C0,5; C0,75 y C1,0 con índices de 4,03, 3,9 y 3,93 puntos en orden. Se recomienda utilizar densidad de siembra de 0,5 kg de cebada por bandeja y 1,0 kg de maíz por bandeja, para la producción de FVH, ya que presentan los mejores rendimientos tanto de forraje, como para la alimentación de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde.

2.2 Bases teóricas

2.2.1. Cultivo hidropónico:

El forraje verde hidropónico (FVH) es un pienso o forraje vivo para alimento de animales de engorde para producción de carne o de leche. Se produce bajo la técnica del cultivo sin suelo en invernadero, que permite el control del gasto de agua y de todos los elementos del micro-clima para poder producirlo aún en condiciones adversas de clima. Sirve para



producir cereales y gramíneas. Puede sustituir por completo o en gran parte el alimento procesado para animales y es económico y fácil de producir (Santander, 2006).

El proceso de producción del forraje verde hidropónico (FVH) está comprendido dentro de un concepto nuevo de producción, ya que no se 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, ovinos, conejos (Tarrillo, 2007).

Existen diferentes técnicas para llevar a cabo la producción de forraje verde, sin embargo en todas las técnicas existen factores en común que resultan fundamentales para llegar a obtener un forraje de alto grado alimenticio para la especie animal que se esté destinando. Entre los factores más comunes son la humedad, temperatura, aireación y luminosidad, así como las medidas fitosanitarias al inicio y durante la producción para mantener el forraje libre de hongos (FAO, 2002).

El forraje hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos que se realiza durante un periodo de 9 a 15 días. Pretendiendo que el grano germinado alcance una altura promedio de 25 centímetros (Chang, 2000).

2.2.2 Ventajas del FVH

2.2.2.1 Ahorro de agua. En el sistema de producción de FVH 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 kilo de materia seca (Tabla 1). 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% (Sánchez, 1997). Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días.

Tabla 1. Gasto de agua para la producción de forraje en condiciones de campo.

Especie	Litros de agua / kg materia seca
	(promedio de 5 años)
Avena	635
Cebada	521
Trigo	505
Maíz	372
Sorgo	271

Carámbula y Terra (2000).

La alta eficiencia del FVH en el ahorro de agua explica porque los principales desarrollos de la hidroponía se hayan observado y se observen generalmente en países con ecozonas desérticas, a la vez que vuelven atractiva la alternativa de producción de FVH por parte de pequeños productores que son afectados por pronunciadas sequías, las cuales llegan a afectar la disponibilidad inclusive, de agua potable para el consumo (Carámbula y Terra, 2000).



2.2.2.2 Eficiencia en el uso de espacio. El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil (Pérez, 1987).

2.2.2.3 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 FVH (Hidalgo, 1985).

2.2.2.4 Calidad del forraje para los animales. El FVH es un succulento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena aptitud comestible para nuestros animales (Pérez, 1987). Su alto valor nutritivo lo obtiene debido a la germinación de los granos (Arano, 1998). En general el grano contiene una energía digestible algo superior (3300 kcal/kg) que el FVH (3200 kcal/kg) (Pérez, 1987). Sin embargo los valores reportados de energía digestible en FVH son ampliamente variables. En el caso particular de la cebada el FVH se aproxima a los valores encontrados para el concentrado especialmente por su alto valor energético y apropiado nivel de digestibilidad.

2.2.2.5 Inocuidad. El FVH 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. Asimismo en vacas lecheras, muchas veces los animales ingieren malezas que transmiten a la leche sabores no deseables para el consumidor final o no aceptados para la elaboración de quesos, artesanales fundamentalmente (Sánchez, 1997).

2.2.2.6 Costos de producción. Las inversiones necesarias para producir FVH dependerán del nivel y de la escala de producción. El análisis de costos de producción de FVH, revela que considerando los riesgos de sequías, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla) el FVH es una alternativa económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores. Al no requerir de maquinaria agrícola para su siembra y cosecha, el descenso de la inversión resulta evidente (Sánchez, 1997).

2.2.3 Desventajas del FVH

2.2.3.1 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, 1993).

2.2.3.2 Costo de instalación elevado. Al respecto Morales (1987), reporta que una desventaja que presenta este sistema sería el elevado costo de implementación. Sin embargo, se ha demostrado que utilizando estructuras de invernáculos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados (Sánchez, 1997).

2.2.4 Importancia del FVH

El FVH tiene mucha importancia ya que se puede contar con un suministro constante de alimento durante todos los días del año, evitando así alteraciones digestivas, una menor incidencia de enfermedades, un aumento en la fertilidad, en la producción y en general todas las ventajas que se puedan obtener de una buena alimentación. El uso de FVH, ha mostrado excelentes resultados en animales monogástricos y poligástricos, ya que estos animales consumen las primeras hojas verdes (parte aérea), los restos de las semillas y las zona radicular, lo cual constituye un alimento completo en carbohidratos, proteínas; además, cabe mencionar que su aspecto, sabor, color textura (características organolépticas) le dan una gran palatabilidad al tiempo que aumenta la asimilación de otros alimentos, mejorando el metabolismo del animal. Asimismo, el FVH sirve de suero



electrolítico, lo que evita la deshidratación del animal haciéndolo más productivo (Rodríguez, 2003).

2.2.5 Cereales más utilizados para la hidroponía

Usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo (FAO, 2002). Se deben obtener buenas semillas para el cultivo de los forrajes, libres de pesticidas, de hongos y bacterias perjudiciales (Arzola, 2001).

2.2.6 Cebada (*Hordeum vulgare*)

Se caracteriza por tener un grano mediano amarillo, dístico, espiga compacta, el peso varía de 61 a 64 kg/hl, su ciclo vegetativo varía entre los 150 días, es usada tierna como forraje y en seco para la industria cervecera (FAO, 2002).

Tabla 2. Composición nutricional del forraje hidropónico de cebada.

Constituyente (%)	Total
Proteína cruda	16,02
Grasa	5,37
Fibra cruda	12,94
ELN	62,63
Ceniza	3,03
NDT	80,91

Vargas (2008).



2.2.7 Maíz (*Zea mays*)

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas. Se cultiva en los trópicos húmedos y secos, en las zonas de clima templado, desde el nivel del mar hasta los 3000 m. El maíz es utilizado en la alimentación animal; la calidad de este grano depende del contenido de humedad ya que si este es muy alto su conservación es difícil. El forraje del maíz es rico en hidratos de carbono, alto valor en vitamina A, lo que se debe a los tallos y hojas por ser verdes, contiene mayor cantidad de caroteno que el grano (Flores, 1986).

En relación a la composición química de forraje de cebada y maíz cosechado a los 11 días, Silva (1994) reporta los siguientes valores en términos de materia seca: Proteína 13,3% y 15,08%, Grasa 2,7% y 2,6%, Fibra 12,0% y 12,76%, Cenizas 4,1% y 2,24% y Nifex 67,72% y 67,32%, respectivamente. Mencionaron, además, que el forraje hidropónico posee un valor nutritivo más alto que el grano o semilla, es decir una mayor cantidad de proteína, carotenos, vitamina C y vitamina E.

Pérez (1994), refiere que la composición química del germinado de maíz y cebada a diferentes alturas 6, 12, 18 cm, se han obtenido respectivamente los siguientes resultados; proteína 11,47, 14,48 y 15,22; 10,39, 11,95 y 12,72; fibra 8,40, 13,17 y 16,68; 15,20, 20,66 y 28,07; cenizas 2,08, 2,13 y 2,67; 2,71, 2,79 y 3,39.

2.2.8 Utilización del forraje hidropónico en la alimentación animal

El forraje hidropónico representa una alternativa de producción de forraje para la alimentación de corderos, cabras, terneros, vacas en ordeño, caballos de carrera.



Asimismo, para conejos, pollos, gallinas ponedoras, patos, cuyes y chinchillas entre otros animales domésticos y es especialmente útil durante períodos de escasez de forraje verde (FAO, 2001).

Reportes realizados por Tarrillo (2007) sostienen que el uso del FVH en la alimentación de cuyes conlleva a mayor producción de leche (mayor número de crías logradas al año), reducción en los costos de alimentación y a las necesidades de agua y vitamina C de los cuyes.

2.2.9 Generalidades del cuy

El cuy (*Cavia porcellus*) es un mamífero roedor, y se ubica dentro de la siguiente clasificación zoológica: orden: Rodentia, suborden: Hystricomorpha, familia: Caviidae, género: *Cavia*, especie: *Cavia porcellus*; siendo un animal originario de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Evidencias arqueológicas demuestran que el cuy fue domesticado entre 2500 y 3600 años. Históricamente fue encontrado desde la época de la conquista española en Sudamérica, a lo largo de la región andina participando como alimento del hombre aborigen, costumbre que se extendió y perduró en Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia, hasta la actualidad (Chauca, 1997).



2.2.10 Fisiología digestiva

El cuy, especie herbívora monogástrica, tiene un estómago donde inicia su digestión enzimática y un ciego funcional donde se realiza la fermentación bacteriana. Realiza cecotrofia (ingesta de heces blandas) para reutilizar el nitrógeno (Chauca, 1997).

En el estómago secreta ácido clorhídrico cuya función es disolver el alimento convirtiéndolo en una solución denominada quimo. El ácido clorhídrico además destruye las bacterias que son ingeridas con el alimento cumpliendo una función protectora del organismo. Algunas proteínas y carbohidratos son degradados; sin embargo, no llegan al estado de aminoácidos ni glucosa; las grasas no sufren modificaciones. La secreción de pepsinógeno, al ser activada por el ácido clorhídrico se convierte en pepsina que degrada las proteínas convirtiéndolas en polipéptidos, así como algunas amilasas que degradan a los carbohidratos y lipasas que degradan a las grasas; segrega la gastrina que regula en parte la motilidad, el factor intrínseco sustancia esencial en la absorción de la vitamina B12 a nivel del intestino delgado. Cabe señalar que en el estómago no hay absorción (INIA, 2005).

2.2.11. Consumo de alimento en cuyes

El cuy es una especie herbívora por excelencia, su alimentación es sobre todo a base de forraje verde y ante el suministro de diferentes tipos de alimento, muestra siempre su preferencia por el forraje (Zaldívar, 1975).



Las leguminosas por su calidad nutritiva 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. Los forrajes más utilizados en la alimentación de cuyes en la costa del Perú son la alfalfa (*Medicago sativa*), la chala de maíz (*Zea mays*), el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) En la región andina se utiliza alfalfa, rye grass, trébol y retama como maleza. Los niveles de forraje suministrados van entre 80 y 200 g/animal/día. Con 80 g/animal/día de alfalfa se alcanzan pesos finales de 812,6 g con un incremento de peso total de 588,2 g y con suministros de 200 g/animal/día los pesos finales alcanzados fueron 1 039 g, siendo sus incrementos totales 631 g (Samane, 1983).

2.2.11. 1. Alimentación mixta

La disponibilidad de alimento verde no es constante a lo largo del año, hay meses de mayor producción y épocas de escasez por falta de agua de lluvia o de riego. En estos casos la alimentación de los cuyes se torna crítica, habiéndose tenido que estudiar diferentes alternativas, entre ellas el uso de concentrado, granos o subproductos industriales (afrecho de trigo o residuo seco de cervecería) como suplemento al forraje. Diferentes trabajos han demostrado la superioridad del comportamiento de los cuyes cuando reciben un suplemento alimenticio conformado por una ración balanceada. Con el suministro de una ración el tipo de forraje aportado pierde importancia. Un animal mejor alimentado exterioriza mejor su bagaje genético y mejora notablemente su



conversión alimenticia que puede llegar a valores intermedios entre 3,09 y 6. 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. Al evaluar el uso de afrecho con aportes de forraje restringido en raciones de acabado (iniciado entre la 8a y la 12a semana de edad), se logró incrementos diarios de 7,59 g cuando recibían 30 g de afrecho y 170 g de alfalfa, incremento superior al registrado cuando recibían como único alimento la alfalfa (6,42 g/animal/día). Al evaluar el crecimiento de cuyes entre la 2a y la 7a semana de edad, se lograron pesos finales de 778 g, equivalente a 15,2 g, alimentando a los cuyes con una ración con 20 por ciento de proteína y 3,45 kcal de ED/kg más pasto elefante en cantidades diarias del 20 por ciento de su peso vivo (Saravia *et al.*, 1994).

2.2.12 Necesidades nutritivas del cuy

Las necesidades de nutrientes han sido establecidas por la National Research Council (NRC, 1995) focalizando al cuy como animal de laboratorio (Tabla 3), sin embargo, en los últimos años, innumerables trabajos han sido realizados evaluando el comportamiento productivo de cuyes mejorados como respuesta a niveles crecientes de proteína, aminoácidos y de energía, pero tal información aún no está sistematizada. Vergara (2008), revisó los avances en nutrición y alimentación de cuyes, estableciendo que el requerimiento de proteína de 18 % recomendado por la NRC (1995) es adecuado para los animales en crecimiento, cuando se tiene un equilibrio entre los aminoácidos y la energía. Torres *et al.* (2006), evaluaron dietas con 15 y 18 % de proteína y 2,8 y 3,0 Mcal de ED/kg



de alimento, encontraron mayores ganancias de peso en los animales que recibieron las dietas de 18 % de proteína en ambos niveles de energía. El nivel de 15 % fue insuficiente para promover una adecuada tasa de crecimiento debido a un menor aporte de aminoácidos y su relación con la energía digestible (energía digestible/ proteína de 18 a 20).

La deficiencia de vitamina C, se da únicamente en el hombre, cobayo, primates y murciélagos. Estas especies tienen una deficiencia genética de la enzima L-gulonolactona Oxidasa para sintetizar la vitamina C a partir de la glucosa. Moreno (1989), señala que el suministro de 160 a 200 g de forraje verde por animal es fuente fundamental de agua y vitamina C.

2.2.11.1 Agua

La necesidad de agua de bebida en los cuyes depende del tipo de alimentación que reciben. Si se suministra forraje succulento en cantidades altas (más de 200 g) la necesidad de agua se cubre con la humedad del forraje, razón por la cual no es necesario su suministro. Si se suministra forraje restringido, 30 g/animal/día, se requiere 85 ml de agua; siendo su requerimiento diario de 105 ml/kg de peso vivo (Zaldivar y Chauca, 1975).



Tabla 3. Requerimientos de nutrientes para cuyes mejorados criados en regímenes intensivos.

Nutrientes	NCR	Vergara (2008) ²			
	(1995) ¹	Inicio	Crecimiento	Acabado	Gest/Lact
Energía digestible Mcal/kg	3,00	3,00	2,28	2,7	2,90
Proteína total %	18	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 (1995)

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

2.3 Marco conceptual

a) Rendimiento de forraje

La cantidad de forraje producido es una de las características más importantes que se busca en una planta forrajera. Entre las técnicas más empleadas para determinar su rendimiento con frecuencia se realiza el corte y pesaje del forraje cosechado que constituye una forma simple para estimar la producción de forraje (Cadena, 1981).

b) Cultivo hidropónico

Se produce bajo la técnica del cultivo sin suelo en invernadero, que permite el control del gasto de agua y de todos los elementos del micro-clima para poder producirlo aún en condiciones adversas de clima. Sirve para producir cereales y gramíneas. Puede sustituir por completo o en gran parte el alimento procesado para animales y es económico y fácil de producir (Rodríguez, 2002).

c) El cuy (*Cavia porcellus*)

Es un mamífero originario de la zona andina, su crianza es generalizada en el ámbito rural para usarlo como un animal productor de carne para autoconsumo. En nuestro país y en otros países andinos se ha desarrollado la crianza de cuyes como animales productores de



carne para la familia y por lo general, sin proporcionarles un ambiente adecuado que permita un mejor manejo (Zaldivar, 1975).

d) Ganancia de peso

La ganancia de peso diaria es el indicador que determina el peso parcial o final de los animales en ceba en un lapso de tiempo determinado (Rodríguez, 2002). Chauca (1997) menciona que es una característica de fácil medición, pero se encuentra influenciada por el tamaño de camada al nacimiento y también por el peso de la madre al momento del empadre. El ritmo de ganancia de peso está en relación directa con factores de selección genética y alimentación además de otros como manejo, instalaciones y equipo.

e) Rentabilidad

Condición de rentable y la capacidad de generar renta (beneficio, ganancia, provecho, utilidad). La rentabilidad, por lo tanto, está asociada a la obtención de ganancias a partir de una cierta inversión. Beneficios que se obtienen mediante ciertos recursos en un periodo temporal determinado. Lo habitual es que la rentabilidad haga referencia a las ganancias económicas que se obtienen mediante la utilización de determinados recursos. Por lo general se expresa en términos porcentuales (Gómez, 2012).



f) Conversión alimenticia (CA)

En los animales en crecimiento generalmente se expresa la CA como la relación entre la cantidad de alimento consumido y la ganancia de peso vivo logrado durante un período de prueba (Gómez, 1994).

Espinoza (2003), indica que es la cantidad de materia seca, necesaria para obtener un kg, de peso vivo del cuy, Además, considera que una conversión alimenticia con valores menores a 6 es considerada alta, entre 6 a 9, media y mayores a 10, baja.

g) Forraje verde hidropónico

El forraje verde hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales, como la cebada, trigo, avena y maíz. El cual se desarrolla en un período de 10 a 12 días, captando energía del sol y asimilando los minerales contenidos en una solución nutritiva. El proceso de producción del forraje verde hidropónico está comprendido dentro de un concepto nuevo de producción, ya que no se 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, etc. (Arano, 1998).



h) Cuy mestizo

El germoplasma predominante en la crianza familiar-comercial es el mestizo, obtenido del cruzamiento del mejorado con el cuy nativo (Chauca, 1997).

i) Cuy en recría - II

Se expresa en esta etapa se inicia a partir de la 4^a semana de edad hasta la edad de la comercialización que está entre la 9^a y 10^a semana de edad (Ordoñez, 1997).

CAPÍTULO III

3. DISEÑO METODOLOGICO

3.1 Definición operacional de variables

Se tomarán en cuenta cinco variables, dos independientes y tres dependientes, como podemos observar en la Tabla 4.

Tabla 4. Operacionalización de variables

Variables	Indicador	Índice
VARIABLES INDEPENDIENTES		
Forraje verde hidropónico de la cebada	g	
Forraje verde hidropónico del maíz	g	
VARIABLES DEPENDIENTES		
Ganancia de peso vivo	g	
Rentabilidad	%	
Rendimiento de forraje verde hidropónico	g	Consumo de alimento (g) /
Conversión alimenticia	g	Ganancia de peso vivo (g)

3.2 Hipótesis de la investigación

Hipótesis general

El consumo del forraje verde hidropónico de la cebada (*Hordeum vulgare*) y el maíz (*Zea mays*) mejora la ganancia de peso vivo de cuyes (*Cavia porcellus*) en Andahuaylas.



Hipótesis específicas

- a) El rendimiento de forraje verde hidropónico de la cebada (*Hordeum vulgare*) es mayor al del maíz (*Zea mays*).
- b) La ganancia de peso vivo en cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) es mayor a la del maíz (*Zea mays*).
- c) La conversión alimenticia del forraje verde hidropónico de la cebada (*Hordeum vulgare*) es mejor que la del maíz (*Zea mays*).
- d) La rentabilidad del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) es mayor a la del maíz (*Zea mays*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*).

3.3 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, prospectivo, longitudinal y analítico. El nivel de la investigación es explicativo.

3.4 Materiales

3.2.1 Materiales y equipos

Biológicos

- Unidades experimentales (cuyes de cuatro semanas).
- Semilla de cebada.
- Semilla de maíz.

Físicos

- Balanza digital.
- Aretes de aluminio.
- Comederos.
- Libreta de campo.
- Cámara fotográfica digital.
- Termómetro ambiental.
- Baldes y escobas.
- Botiquín veterinario.
- Equipo de hidroponía:
 - Estructura de madera.
 - Bandejas.
 - Cilindro.
 - Calaminas.
 - Instalación de sistema de riego por micro aspersión.
 - Recipientes (baldes) de oreo.

Químicos

- Hipoclorito de sodio (lejía).

3.2.2 Materiales y equipos de oficina

- Computadora.
- Cuadernos de campo.
- Impresora.

3.3 Método y diseño de investigación

3.3.1 Lugar de estudio

El experimento se realizó en un galpón de crianza comercial – familiar, ubicado en el centro poblado de Llantuyhuanca, distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas, región Apurímac. Andahuaylas, se encuentra a una altitud de 3027 m, presenta un clima templado a frío, la actividad económica principal es la agropecuaria. Durante los meses de marzo a mayo de 2016 entre los que se llevó a cabo la investigación, la temperatura y precipitación promedio fue 13,8 °C y 179 mm (SENAMHI, 2016).

3.3.2 Población de estudio

Se emplearon 45 cuyes machos tipo 1 mestizos de cuatro semanas de edad, los cuales fueron comprados de criadores que practican el manejo tradicional familiar cuya característica es realizar el destete a los 21 días aproximadamente. Los cuyes fueron distribuidos aleatoriamente en tres tratamientos con quince observaciones cada uno, de la siguiente manera:



Tabla 5. Tratamientos del experimento

Tratamientos	N° de cuyes
1. Forraje verde hidropónico de cebada + concentrado	15
2. Forraje verde hidropónico de maíz + concentrado	15
3. Alfalfa + concentrado	15
Total	45

Fueron distribuidos cinco animales por poza para evitar cualquier sesgo y facilitar su manejo como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Distribución de cuyes en pozas.

T1	T2	T3
T2	T3	T1
T3	T1	T2

3.3.3 Instalaciones

Las dimensiones del galpón fueron, 10 m de largo por 3,50 m de ancho y 2,60 m de altura.

En la construcción se observó paredes de adobe con tres ventanas de 1,00 m por 0,80 m

cubiertas con malla y pozas de crianza de tierra rodeadas de malla y listones. Con dimensiones de 1 m² (1 x 1 m) y una altura de 0,5 m.

3.3.4 Proceso para producir forraje verde hidropónico

- Se adquirió de Andahuaylas semilla de cebada y maíz no tratada (sin preservantes).
- Las semillas fueron sumergidas en agua (4 kg / 10 litros) para el retiro de impurezas visibles y granos partidos, se realizó dos cambios de agua. Después de lavar la semilla, se filtró el agua mediante una malla de plástico.
- Después, se desinfectó la semilla en 10 litros de agua tratada con lejía (10 ml de lejía / litro), dejándola reposar por 24 horas, antes de un nuevo filtrado del agua.
- Luego se oreo la semilla por otras 24 horas antes de ser trasladadas a las bandejas del área de germinación del módulo hidropónico.
- Todos los niveles fueron regados por micro aspersión, dos veces al día a las 08:00 y 16:00 horas, durante uno a dos minutos.

3.3.5 Características del alimento balanceado a utilizarse en la investigación

Se utilizó el concentrado comercial cuyes carne Tomasino ® para los tres tratamientos.



Tabla 7. Valor nutritivo del concentrado comercial

Nutriente	MS %
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	13,00% Máx.

Composición mostrada en la etiqueta del producto.

Los insumos que incluye el concentrado comercial cuyes carne Tomasino ® son: cereales y sus subproductos, harinas de oleaginosas, harinas proteicas de origen animal, aceites vegetales o animales, carbonato de calcio, fosfato dicálcico, cloruro de sodio, anticoccidial, aditivos permitidos y antioxidantes (Tomasino ®, 2016).

3.3.6 Suministro del alimento

Los animales fueron alimentados a las 8:00 y 16:00 horas con el siguiente detalle, la cantidad de forraje (alfalfa, FVH de cebada y maíz) ofrecida fue 100 g/animal/día durante la primera semana, con un incremento semanal de 20 g/animal/día hasta alcanzar un máximo de 200 g/animal/día, por otro lado, el concentrado comercial fue suministrado *ad libitum* semanalmente en comederos tipo tolva de 2 kg de capacidad (Tubón, 2013).



3.4 Técnica de investigación

3.4.1 Rendimiento de forraje verde hidropónico

El forraje verde hidropónico producido se pesó mediante una balanza digital. Las bandejas que contenían el FVH tuvieron una medida de 60 x 30 cm, con capacidad para un kg de semilla (Carballo, 2000). Se calculó la conversión semilla-forraje fresco (CSF), es decir los kg de forraje producidos por kg de semilla utilizada (Vargas, 2008). Se utilizaron 30 repeticiones para el FVH de cebada y maíz.

3.4.2 Análisis del valor nutricional del forraje verde hidropónico

Se tomaron muestras de los dos tipos de forraje verde hidropónico (maíz y cebada) que se utilizaron en el trabajo experimental, los mismos fueron trasladados en recipientes herméticos al laboratorio QUIMICA LAB – CUSCO para el análisis químico. Se determinó la materia seca, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, ceniza y extracto libre de nitrógeno (Tabla 8).



Tabla 8. Análisis físico-químico FVH cebada y FVH maíz en base a materia seca (MS)

Determinaciones (%)	FVH Cebada	FVH maíz
Humedad	73,3	76,9
Materia seca	26,7	23,1
Proteína (% MS)	7,9	12,1
Carbohidratos (% MS)	52,06	76,19
Fibra Cruda (% MS)	14,98	8,66
Grasa (% MS)	0,07	0,35
Ceniza (% MS)	2,6	2,5
pH	4,9	5,1
Acidez total*	1,2	2,9

MC-Química Lab. Laboratorio de ciencias naturales: aguas, suelos y medio ambiente.

* Equivalente al ácido ascórbico

3.4.3 Determinación del consumo de alimento

Se llevó un control diario del consumo de alimento, pesando el residuo de la alfalfa, FVH cebada y maíz, descontándolo del suministro inicial. Mientras que el concentrado comercial sobrante se pesó semanalmente.

Antes de la etapa experimental los cuyes fueron acostumbrados al consumo del FVH durante una semana aproximadamente para que el cambio alimentario no fuera drástico y estresante.



3.4.4 Determinación de la ganancia de peso vivo

Se registraron los pesos de todos los animales al inicio del experimento, exactamente a la cuarta semana de edad (28 días) y luego cada 7 días hasta el día 98 (décima semana), para lo cual se utilizó una balanza digital con sensibilidad de 0,1 gramo. La ganancia de peso vivo fue determinada con el siguiente modelo aritmético.

$$GPV = PVf - PVi$$

Donde:

GPV = Ganancia peso vivo (g).

PVf = Peso vivo final (g).

PVi = Peso vivo inicial (g).

3.4.5 Determinación de la conversión alimenticia

Con los datos de ganancia de peso vivo y consumo de alimento, se determinó la conversión alimenticia para todos los tratamientos, utilizando la siguiente fórmula:

$$CA = \frac{\text{Consumo de alimento (kg)}}{\text{Ganancia de peso vivo (kg)}}$$

3.4.6 Determinación de la rentabilidad económica

El ratio de rentabilidad se determinó solo con fines comparativos entre el T1, T2 y T3, tomando en cuenta el siguiente procedimiento:

- Se calculó los ingresos tomando en cuenta la ganancia de peso vivo (GPV) logrado durante el periodo experimental a un precio de mercado de S/. 20.00 / kg.
- Se calculó los egresos tomando en cuenta solo los costos incrementales, es decir los que dependen del tipo y consumo de alimento, durante el periodo experimental.
- Se halló la utilidad bruta, restando de los ingresos los egresos.
- Finalmente, se halló la rentabilidad, que resulta de dividir la utilidad bruta entre el monto de la inversión, multiplicado por 100.

Fórmula para hallar la rentabilidad:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad bruta}}{\text{Inversión}} * 100$$

3.4.7 Procesamiento y análisis de datos

Se calculó para las variables cuantitativas, la media aritmética, desviación estándar y coeficiente de variación. Las variables dependientes fueron comparadas según el tipo de alimento con el ANOVA de un solo factor. La notación que expresa el diseño empleado fue:



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

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).

La comparación de medias entre tratamientos se hizo mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Para la comparación estadística respecto al rendimiento de forraje verde hidropónico de cebada (T1) y maíz (T2), se utilizó la prueba t-Student, cuya fórmula es la que sigue:

$$tc = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Donde:

Tc: Estadístico “t” calculado.

n: Número de repeticiones de T1 y T2

\bar{X} : Media muestral de T1 y T2.

S^2 : Varianza de T1 y T2



CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH)

El rendimiento del forraje verde hidropónico (FVH) de la cebada y el maíz se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Rendimiento de FVH de cebada y maíz (g)

	Tratamientos		Significancia
	FVH cebada	FVH maíz	
Rendimiento FVH (g)	5353,03	3203,17	P<0,001
Desviación estándar	± 212,76	± 144,29	
C.V. (%)	3,97	4,50	

C.V.: Coeficiente de variabilidad.

El mayor rendimiento lo obtuvo el FVH de cebada con 5353 g por kg de semilla, mientras que el FVH de maíz tiene un rendimiento menor de 3203 g por kg de semilla a los 14 días de cosecha. Se observa que el rendimiento del FVH de cebada y maíz son diferentes significativamente (P<0,001). Esta diferencia se debería al nivel de acumulación de agua en las raíces las que son más abundantes en la cebada en relación al maíz. Herrera (2007) obtuvo a los 14 días de cosecha, relaciones de 1:6,58 y 1:2,27, con la semilla se cebada y maíz, respectivamente; sustentando esta diferencia en el mejor poder germinativo de la cebada.



Tarrillo (2007) menciona que se puede producir de 6 a 8 kg de FVH a los 16 días de cosecha, por kilogramo de semilla de cebada, superior a lo determinado en este trabajo, sin embargo, Charles (1995), indica que los rendimientos por kg de semilla de cebada varían de 1 a 5 kg de FVH e inclusive añade que dependiendo de la calidad de semilla se puede lograr hasta 12 veces su peso.

Con respecto al FVH de maíz, Vargas (2008) obtuvo una relación 1:4,3 kg y León (2005), 1:5,2 kg, ambos por encima de nuestros resultados; probablemente esto suceda debido a cuestiones referidas al tipo de crecimiento, gemación y germinación de la semilla. En general estaríamos de acuerdo con Carballo (2000), quien manifiesta que el rendimiento es influenciado por muchos factores tales como la temperatura, humedad relativa, densidad, humedad y buena calidad de la semilla.

4.2. GANANCIA DE PESO VIVO

A continuación se resume en la Tabla 10 el promedio de la ganancia de peso vivo en cada uno de los tratamientos durante el experimento, detallándose también los pesos iniciales y finales.

Tabla 10. Ganancia de peso vivo (g) en cuyes bajo tres tratamientos.

	Tratamientos (g)		
	T1 (FVH cebada + concentrado)	T2 (FVH maíz + concentrado)	T3 (alfalfa + concentrado)
Peso vivo inicial	277,53	279,13	276,47
Peso vivo final	911,47	848,13	992,07
GPV	633,93 ^b	569,0 ^c	715,60 ^a
Ganancia/día	9,06 ^b	8,61 ^c	10,22 ^a
D. E.	± 16,67	± 51,09	± 85,15
C.V. (%)	2,63	8,98	11,9

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa ($P < 0.05$); GPV: Ganancia de peso vivo; D.E.: Desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variabilidad.

La ganancia de peso vivo de cuyes machos desde la cuarta hasta la décima semana fue diferente entre los tres tratamientos ($P < 0,05$), observándose que T3 fue superior con 715,6 g respecto a T1 (633,93 g) y T2 (569 g).

Las ganancias registradas en los tratamientos T1 y T2 son mayores a los obtenidos por Carrasco (1994), quien determinó incrementos de 446,77 g para el FVH de maíz, en un lapso de 12 semanas; este mayor incremento podría deberse a la calidad de los nutrientes de ambos FVH.

El incremento de peso reportado por Orihuela (1995) fue de 688,75 g en cuyes machos alimentados por 12 semanas con FVH de cebada más un suplemento con base de alimento



concentrado. Este resultado es superior a T1 y T2, sin embargo, hacemos notar que puede deberse al mayor tiempo de engorde utilizado.

Por otra parte Gómez (2012), demostró que se puede lograr mejores ganancias de peso vivo en cuyes hasta los 90 días de edad utilizando como alimento alfalfa (1141,8 g), seguido de cebada (1085,2 g) y FVH de maíz (439,2 g).

Los resultados mostrados previamente varían muy probablemente porque el medio ambiente juega un rol primordial (en el experimento se tuvo una temperatura promedio de 13.8 °C). Inclusive puede influir también la manera como se combinan los ingredientes alimenticios, este punto fue puesto a prueba por García (2005), quien evaluó la eficiencia alimenticia y mérito económico de dos forrajes hidropónicos: cebada (*Hordeum vulgare L*) y maíz (*Zea mays*), suministrado a cuyes (*Cavia porcellus L*) en fase de crecimiento, utilizando tres tratamientos T1: vicia + concentrado, T2: forraje verde hidropónico de cebada + concentrado y T3: forraje verde hidropónico de maíz + concentrado, reportando un incremento de peso corporal de 544 g; 515 g y 458 g respectivamente. Además, existe el trabajo de Casa (2008), quien evaluó el efecto de cinco dietas combinadas, T1: alfalfa + concentrado, T2: FVH de vicia + concentrado, T3: FVH de cebada + concentrado, T4: FVH de maíz + concentrado y T5: FVH de trigo + concentrado, en la alimentación de cuyes, logrando determinar que la mejor combinación fue T2, con respecto al peso final (1069,15 g), ganancia total de peso (736,10 g), conversión alimenticia (4,63) y rendimiento a la canal (80,48%). Herrera (2007) menciona que los cuyes alimentados con forraje verde hidropónico de cebada y maíz amarillo, tuvieron ganancias de peso vivo de 594,1 y 588,4 g, respectivamente, así mismo, las ganancias diarias fueron 8,52 y 8,17 g a



los 72 días de alimentación. Tal parece que la semilla de cebada es mejor que el maíz, pero insistimos que la manera como se combina los insumos, resulta ser trascendental, eso se puede observar en el trabajo de Miranda (2014), quien utilizando FVH de cebada sin concentrado, determinó una ganancia de peso vivo de 353 g, en cuyes alimentados durante 60 días.

También Villafranca (2003) evaluó diferentes niveles de fibra (10, 12 y 14 por ciento) en dietas peletizadas bajo un sistema de alimentación con inclusión de forraje verde, en la etapa de crecimiento en cuyes, consiguiendo mejores rendimientos de ganancia de peso vivo con dietas de 10 y 12 por ciento de fibra. Lo que nos hace pensar que la inclusión fibra es necesaria para favorecer la digestibilidad de otros nutrientes; debido a la propiedad de tránsito lento del contenido alimenticio a través del tracto digestivo (Chauca, 2001).

En la Tabla 13 (anexo) se muestra la evolución de incrementos de pesos por semanas, donde se puede observar que a partir de la séptima semana el incremento se hace más notorio en los diferentes tratamientos, resalta el T3.

4.3. CONVERSIÓN ALIMENTICIA

Con respecto a la conversión alimenticia se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 11), siendo el tratamiento T1 (5,28) quien mostró un mejor índice de conversión alimenticia en relación a T3 (5,90) y T2 (5,97).



Tabla 11. Índice de conversión alimenticia lograda en cuyes en los tres tratamientos.

	Tratamientos		
	T1 (FVH cebada + concentrado)	T2 (FVH maíz + concentrado)	T3 (alfalfa + concentrado)
Consumo de MS (kg)	3,342	3,372	4,143
GPV (kg)	0,633	0,569	0,715
Conversión alimenticia	5,28 ^b	5,97 ^a	5,90 ^a
Desviación estándar	± 0,13	± 0,49	± 0,99
C.V. (%)	2,64	8,58	16,81

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa ($P < 0.05$); GPV: Ganancia de peso vivo; MS: Materia seca; C.V.: Coeficiente de variabilidad.

Nuestros resultados son mejores a los reportados por Carrasco (1994) quien obtuvo un índice de 5,86 utilizando germinado de cebada suplementado con alimento concentrado. Mamani (1997), reporta en su estudio de cuyes alimentados con niveles de 25%, 50% y 75% de germinado de cebada durante 11 semanas, índices de conversión alimenticia de 6,9; 6,7 y 6,3, respectivamente, que no son mejores a los hallados en el presente trabajo, lo que podría deberse a diferentes razones como la calidad de la semilla de cebada, el tipo de cuy utilizado, las condiciones de crianza entre otros factores. Al observar lo hallado por Saravia *et al.* (1994), quienes reportaron en cuyes mejores valores de conversión alimenticia de 4,4 y 4,1 utilizando 30 y 10 g de germinado de cebada durante un periodo de 6 semanas; nos podemos dar cuenta que la calidad del concentrado (18,4% PT y 3,3



Mcal de ED/kg) utilizado por estos investigadores habría sido el determinante de la diferencia.

Silva (1994), encontraron también un mejor índice de conversión alimenticia de 4,49 al utilizar cebada germinada + maíz germinado y 3,98 para cebada + maíz germinado + concentrado, por otro lado, Herrera (2007) obtuvo 7,60 y 10,42 de conversión alimenticia mayor en cuyes machos alimentados con FVH cebada + formulación alimenticia y FVH maíz amarillo + formulación alimenticia, respectivamente, a los 72 días de la alimentación. Lo que nos conduce a pensar que las asociaciones alimentarias, la calidad del alimento, el medio ambiente y genética de los cuyes, son importantes factores para lograr mejores índices de conversión alimenticia.

Por otro lado Inga (2008) observó una mejor conversión alimenticia (3,0) con 2,8 Mcal de ED/Kg y 8 por ciento de fibra cruda en dietas con inclusión de forraje verde. La inclusión fibra es necesaria para favorecer la digestibilidad, un alimento no solo depende de la calidad y composición química, sino también por la digestibilidad como del grado de aprovechamiento que tiene el alimento al ser consumido (Caycedo, 2000).

4.3.1. Consumo de forraje y alimento concentrado

Un dato importante para la evaluación de la conversión alimenticia, es el consumo de alimento por ello en la Tabla 15 (anexo) se detalla el consumo semanal y acumulado de FVH de cebada, FVH de maíz, alfalfa y concentrado, en los diferentes tratamientos hasta la décima semana que duró la investigación.



El consumo de alimentos fue ascendiendo semanalmente en forma casi regular en los tres tratamientos, el mayor consumo desde la primera semana se observó en T3 (alfalfa) seguido muy de cerca por T1 (FVH de cebada) y T2 (FVH de maíz), esto se mantuvo hasta la décima semana, por lo que se deduce que en general el alimento suministrado tuvo buena palatabilidad y digestibilidad, permitiendo su aprovechamiento.

Los resultados obtenidos de los consumos de forraje son semejantes a los obtenidos por Aliaga (1979), quien afirma que un cuy llega a consumir de 160 g a 200 g de forraje/animal/día, siendo estos aún mayores cuando se trata de reproductores. Sin embargo, Moreno (1989) señala que si la alimentación es mixta (forraje más alimento concentrado), será suficiente administrar forraje verde a razón de 150 g/animal/día.

Los consumos de alimento concentrado tal como ofrecido (TCO), están dentro de los parámetros reportados por Moreno (1989) quien afirma que un animal adulto llega a consumir de 20 a 30 g/día.

Moreno *et al.* (1994), reportaron resultados similares de 2007,28 g y 2067,34 g utilizando cebada germinada exclusiva y cebada germinada más agua, dichos tratamientos son inferiores a la dieta T2 (4255,90 g) del presente trabajo de investigación, se presume que esta diferencia se debe a la menor palatabilidad, sin embargo el mismo autor encontró 4029,55 g utilizando cebada germinada + balanceado + agua con vitamina C, dicho tratamiento es ligeramente inferior probablemente por los diferentes niveles de fibra y palatabilidad entre dietas.

4.3.2. Consumo de materia seca total (MST)

Los datos de consumo de forraje fresco y concentrado fueron transformados en consumos de materia seca total (MST). Nuevamente se observó que el consumo fue mayor en T3 (4143,13 g) respecto a T2 (3372,4 g) y T1 (3342,57 g) ($P < 0,05$), como se aprecia en la Tabla 12.

Tabla 12. Consumo de materia seca total por cuyes alimentados con tres dietas

	Tratamientos		
	T1 (FVH cebada + concentrado)	T2 (FVH maíz + concentrado)	T3 (alfalfa + concentrado)
Consumo de MS	3342,57 ^c	3372,4 ^b	4143,13 ^a
Desviación estándar	8,69	5,73	3,72
C.V. (%)	0,26	0,17	0,09

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa ($P < 0,05$); MS: Materia seca; C.V.: Coeficiente de variabilidad.

Estos consumos totales de materia seca son inferiores a los obtenidos por Carrasco (1994), quien señala consumos de 4029,55 g en la alimentación con germinados suplementados con alimento concentrado, quizás esto sea debido a la duración de su investigación (12 semanas).



Silva (1994), obtuvo con respecto a nuestro trabajo un consumo menor de materia seca total de 2931,5 g en cuyes machos alimentados con FVH de maíz complementado con alimento concentrado, esto podría deberse a diferentes aspectos como el clima, temperatura y otros factores. De la misma forma García (2005) utilizando en cuyes en crecimiento tres dietas (T1: vicia + concentrado, T2: forraje verde hidropónico de cebada + concentrado y T3: forraje verde hidropónico de maíz + concentrado) durante 9 semanas (63 días), halló consumos de materia seca inferiores de 40,95; 44,74 y 43,52 g/a/d en T1, T2, y T3, respectivamente.

Tal parece que la asociación de ingredientes alimentarios ayudarían a mejorar el consumo, tal como lo sustenta con sus resultados Gómez (1998) que al utilizar FVH de trigo (T1), FVH de cebada + FVH de trigo (T2), FVH de trigo + alimento balanceado (T3), FVH de cebada + FVH de trigo + alimento balanceado (T4), obtuvo un consumo de 95,96; 110,40; 120,63 y 130,46 g/a/d, respectivamente.

Otros factores que podrían afectar el resultado de consumo diario es el tiempo de evaluación y grado de docilidad de los animales con los que uno trabaja, esto se puede observar en el trabajo de Saravia *et al.* (1994) quienes obtuvieron un consumo inferior de 48 g/día, utilizando 30 g de germinado de cebada por animal más concentrado y agua a discreción, durante 6 semanas, respecto a T2 (50,65 g/día) del presente estudio.

En general se puede manifestar que el consumo de materia seca total influye positivamente en los ritmos de crecimiento que varían de acuerdo a la calidad de los tratamientos.



4.3.3. Consumo de materia seca por semanas

El consumo de materia seca por semanas se detalla en la Tabla 13, donde se puede observar que el consumo de materia seca fue mayor en T3 respecto a T1 y T2.

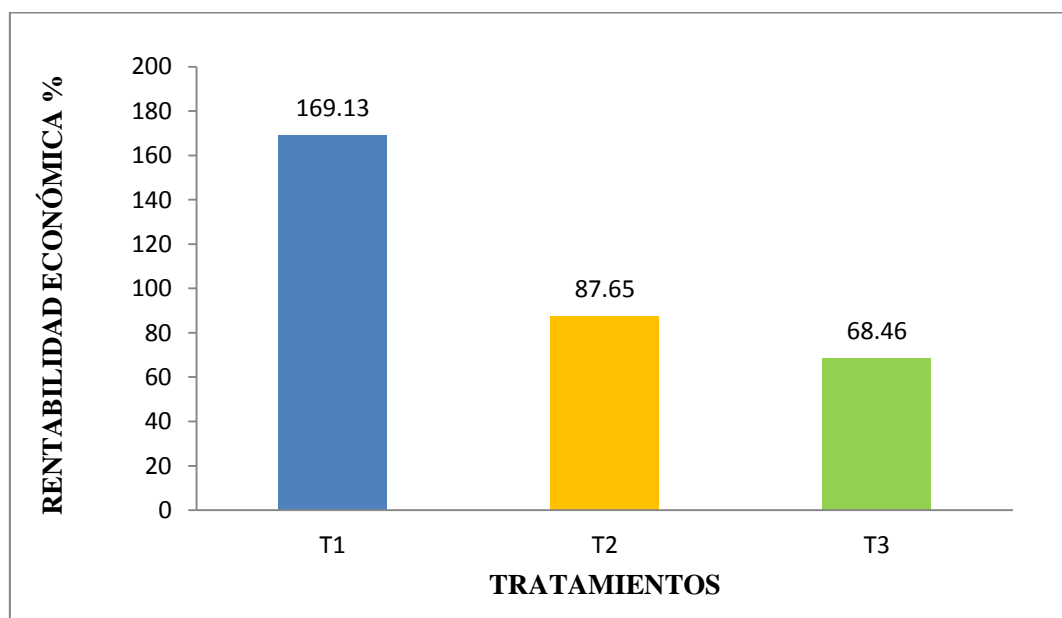
Tabla 13. Consumo de materia seca (MS) por cuy, semanal y acumulado, en los diferentes tratamientos.

Semanas	Tratamientos (g)		
	T1 (FVH cebada + concentrado)	T2 (FVH maíz + concentrado)	T3 (Alfalfa + concentrado)
1	165,1	164,4	208,2
2	210,8	214,8	275
3	262,7	266,8	322,6
4	293,9	300,7	374,8
5	327,2	326,1	420,8
6	371,4	381	454,5
7	396,2	406,7	479,6
8	423,4	434,7	507,9
9	442,2	435,3	528,9
10	449,7	441,8	570,7
Consumo acumulado MS	3342,6	3372,4	4143,1



4.4. RENTABILIDAD ECONÓMICA

En la Figura 1 se observa el índice de rentabilidad para T1 (169,13 %), T2 (87,65 %) y T3 (68,46 %). En términos de rentabilidad es notorio que T1 sobresale del resto, lo que implica que no necesariamente T3 que muestra las mejores ganancias de peso vivo es la mejor alternativa. Habría que considerar entonces que T1 puede ser utilizado en la alimentación como complemento o sustituto del forraje tradicional en épocas de escasez de forrajes y estaciones secas.



T1: FVH cebada + concentrado; T2: FVH maíz + concentrado; T3: Alfalfa + concentrado

Figura 1. Índice de rentabilidad económica respecto a tres tratamientos alimenticios.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El rendimiento de FVH cebada (5353 g) es mayor que el FVH maíz (3203 g) ($P < 0,05$).
- Los animales que fueron alimentados con alfalfa más concentrado, obtuvieron las mejores ganancias de peso vivo, seguido de aquellos que recibieron una ración de FVH de cebada más concentrado ($P < 0,05$).
- Los índices de conversión alimenticia evaluados en los tres tratamientos tuvieron diferencias significativas ($P < 0,05$). Siendo el tratamiento T1 quien mostró un mejor índice de conversión alimenticia en relación a T3 y T2. Se pudo observar que el consumo de materia seca total influye positivamente en los ritmos de crecimiento y varía por la calidad de la dieta ofrecida ($P < 0,05$).
- La rentabilidad de FVH de cebada y maíz es mayor que al usar alfalfa, por el bajo costo de producción.



5.2. Recomendaciones

- En caso de no contar con forrajes como la alfalfa por falta de dinero, terreno o agua, una opción adecuada sería brindarle a los animales FVH de cebada más concentrado.
- El Gobierno Regional de Apurímac, debería implementar programas para usar el forraje verde hidropónico, por su bajo costo de producción, uso eficiente del agua y su disponibilidad en cualquier época del año.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. ALIAGA, R.L. 1979. Producción de cuyes. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú. 327 p.
2. ARANO, C.R. 1998. Forraje verde hidropónico y otras técnicas de cultivos sin tierra. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina, 180 p.
3. ARZOLA, F. 2001. Selección de semilla para forraje hidropónico. Trabajo monográfico.
4. CADENA, C. 1981. Evaluación de técnicas para estudiar el rendimiento de forraje y composición botánica en pastos tropicales. Tesis ingeniero agrónomo. Facultad de ingeniería agronómica. Universidad de Guayaquil. Ecuador. 39 p.
5. CARÁMBULA, M.; TERRA, J. 2000. Alternativas de manejo de pasturas post-sequía. Revista Plan Agropecuario No. 91. 12 p.
6. CARBALLO, C. 2000. Manual de procedimientos para germinar granos para la alimentación animal. México. En:
<http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/germinados.htm> (Consultado el 12 enero de 2016).



7. 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. 85 p.
8. CASA, C. 2008. Efecto de la utilización del forraje verde hidropónico de avena, cebada, maíz y trigo en la alimentación de cuyes. Tesis ingeniero Agrónomo. Universidad de Ecuador. 62 p.
9. CAYCEDO, A. 2000, Experiencias investigativas en la producción de cuyes. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
10. CHANG, M.; HOYOS, M.; RODRÍGUEZ, A. 2000. Producción de forraje verde hidropónico. Centro de investigación de hidroponía y nutrición mineral. Lima, Perú. En: [http://www.omarbolso60.com.uy/forraje%20\(1\).pdf](http://www.omarbolso60.com.uy/forraje%20(1).pdf). (Consultado, 24 noviembre de 2015).
11. CHARLES, L. 1995. Rendimiento de los cultivos hidropónicos bajo el sistema de invernadero. Investigación científica. Barcelona, España, pp.23, 24.
12. CHAUCA, L., 1997. Producción de cuyes *Cavia porcellus*. Estudio FAO producción y sanidad animal N° 138. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Italia. Universidad Nacional Agraria La Molina; Lima - Perú.
13. CHAUCA, L., 2007. Realidad y perspectivas de la crianza de cuyes en los países andinos. Memorias de la XXX Reunión Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). Cusco, Perú.



14. ESPINOZA M.F. 2003. Correlación entre incremento de peso y consumo de alimentos en cuyes de diferentes edades. Instituto de Investigación. Facultad de Zootecnia Universidad Nacional del Centro del Huancayo- Perú. 62 p.
15. FAO, 2001. Manual técnico: Forraje verde hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina. Santiago, Chile.
16. FLORES, 1986. Manual de Alimentación Animal. Primera edición. Editorial Ciencia y Técnica. Mexico. D.F. 4 vols. 1096 pp.
17. FAO, 2002. El forraje verde hidropónico (FVH) como tecnología apta para pequeños productores agropecuarios. En: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/180> (Consultado el 23 noviembre de 2015).
18. GARCÍA, C. 2005. Eficiencia alimenticia y mérito económico de dos forrajes hidropónicos: cebada (*Hordeum vulgare L*) y maíz (*Zea mays*); suministrado a cuyes (*Cavia porcellus L*) en fase de crecimiento y engorde. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias - Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Chachapoyas, Amazonas. 78 p.
19. GÓMEZ, M. 2012. 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 Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. 86 p.



20. GÓMEZ, J. 1998. Evaluación del forraje verde hidropónico de cebada y trigo en cuyes en etapa de crecimiento. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Colombia, 24,31 p.
21. GOMEZ, C.; VERGARA, V. 1994. Fundamentos de la nutrición y alimentación. Serie guía didáctica sobre crianza de cuyes. INIA – CIID. Lima – Perú. 48 p.
22. GOMEZ, M. 2007. Evaluación del forraje verde hidropónico de maíz y cebada, con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimiento y engorde de cuyes. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Tesis de grado. Ecuador. 73 p.
23. HERRERA E.; NUÑEZ W. 2007. Producción y uso del forraje verde hidropónico de cebada, maíz amarillo y asociados en el engorde de cuyes. Tesis ingeniero zootecnista. Facultad de Zootecnia. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. 135 p.
24. HIDALGO, M. 1985. Producción de forraje en condiciones de Hidroponía. Evaluaciones preliminares en avena y triticale. Tesis ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Chile. 68 p.
25. INGA, V. 2008. Evaluación de dos niveles de energía digestible y dos niveles de fibra cruda en dietas de crecimiento con exclusión de forraje para cuyes mejorados (*Cavia porcellus*). Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. 85 p.



26. INIA, 2005. Fisiología digestiva. Perú. En: <http://www.perucuy.com>. (Consultado el 23 noviembre de 2015).
27. LEON, S. 2005. Efecto del fotoperiodo en la producción de FVH de maíz con diferentes soluciones nutritivas para la alimentación de conejos en el periodo de engorde. Tesis de grado. Escuela Superior de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 66 p.
28. MAMANI, M.F.O. 1997. Digestibilidad *in vivo* por diferencia de cañihua germinada, cebada germinada, forraje hidropónico de cebada y alfalfa verde en cuy (*Cavia porcellus*). Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano de Puno – Perú. 45 p.
29. MARULANDA, C.; IZQUIERDO, J. 1993. La huerta hidropónica popular. Manual Técnico. FAO. Santiago, Chile. 18 p.
30. 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, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.



31. MORALES, O.A.F. 1987. Forraje hidropónico y su utilización en la alimentación de corderos precozmente destetados. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción. Chile.
32. MORENO, R. 1989. Producción de cuyes. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
33. MORENO, A.; CARRASCO, I.; PICHILINGUE, C. 1994. Utilización de la cebada (*Hordeum vulgare*) germinada en la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde. Resúmenes de Reuniones APPA.1994, 2007. Lima, Perú. Tomo 2.
34. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1995. Nutrient Requirements of Laboratory Animals. 4th ed. National Academy Press. Washington.
35. NAVIDI, W. 2006. Estadística para ingenieros y científicos. Ed. Mc Graw Hill/Interamericana. México.
36. ORDOÑEZ, R. 1997. Efecto de niveles de proteína y fibra cruda en alimento de cuyes (*Cavia porcellus*) en lactacion y crecimiento. Tesis de grado de Medico Veterinario Zootecnista. Universidad Nacionla Agraria La Molina. Lima, Perú.
37. ORIHUELA, E. 1995. Utilizacion de cebada (*Hordeum vulgare*) germinado en la alimentación de cuyes en crecimiento hasta las 12 semanas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 100 p.



38. PEREZ, M. 1994. Producción de forraje en base a germinados de cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*). Tesis Magister Scientiae. Escuela de Post grado, Especialidad de Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
39. PÉREZ, N. 1987. Efecto de la sustitución del concentrado por forraje obtenido en condiciones de hidroponía en una crianza artificial de terneros. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción. Chile.
40. 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. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Ingeniería Zootecnia. Centro de Investigación Pecuaria.
41. RICO, N.; RIVAS, V. 2003. Manual sobre el manejo de cuyes. Proyecto Mejocuy. Benson Agriculture and Food Institute. Bolivia.
42. RODRÍGUEZ, L. 2002. Hidroponía agricultura y bienestar. Doble Hélice Universidad Autónoma de Chihuahua, México, 23, 60 p.
43. RODRÍGUEZ, S. 2000. Hidroponía: Una solución de producción en Chihuahua, México. Boletín Informativo de la Red Hidroponía No. 9. Lima, Perú.
44. RODRÍGUEZ, S.; ANA, C. 2003. Forraje verde hidropónico cómo producir con facilidad, rapidez y óptimos resultados. Editorial Diana, México, pp. 114.



45. RUIZ, Y. 1995. Evaluación del germinado de cebada (*Hordeum Vulgare*) suplementado con mezclas balanceadas simples en engorde de cuyes. Tesis del grado de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
46. SAMANE, S. 1983. Niveles de energía en cuyes en producción y crecimiento. Tesis para la obtención del grado de Ing. Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
47. SÁNCHEZ, A. 1997. Una experiencia de forraje verde hidropónico en Uruguay. Boletín Informativo Red Hidroponía No 7. CIHNM. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
48. SANTANDER, F. 2006. Forraje verde hidropónico. Trabajo monográfico. En: <http://es.scribd.com/doc/7762561/Www-elmejorguia-comHidroponia#scribd> (Consultado el 09 de julio de 2016).
49. SARA VIA, D.J.; RAMÍREZ, S.; ALIAGA, R.L. 1994. Granos germinados como fuente de vitamina C en las raciones de cuyes en recría. Resúmenes de Reuniones APPA. 1994, 2007. Lima, Perú. Tomo 2.
50. SENAMHI, 2016. Registros del pronóstico de precipitación y temperatura. En: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=data-historica> (Consultado el 09 de julio de 2016).
51. SILVA, V.F. 1994. Utilización de la cebada (*Hordeum Vulgare*) y maíz (*Zea maíz*) germinados en la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.



52. TARRILLO, H. 2007. Producción de forraje verde hidropónico. Arequipa, Perú. En: <http://www.forrajehidropo-nico.com/art001.htm> (Consultado el 13 de diciembre de 2015).
53. TOMASINO, 2016. Análisis químico proximal del concentrado. En: http://www.tomasino.com.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=47:cuyes-carne-tomasino&catid=12&Itemid=69 (Consultado el 13 de enero de 2016).
54. TORRES, A.; CHAUCA, L.; VERGARA, V. 2006. Evaluación de dos niveles de energía y proteína en dietas de crecimiento y engorde en cuyes machos. Reunión Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal. Huancayo, Perú. En: <http://www.inia.gob.pe/documentos/trabajos2006-.pdf>. (Consultado el 12 de enero de 2016).
55. 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 pregrado. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ecuador. 63 p.
56. VARGAS, A. 2008. El forraje verde hidropónico y su uso en la crianza de cuyes. En: <http://ricardo.bizhat.com/rmrprigeds/forraje-verde-hidroponico.htm>. (Consultado el 13 de enero de 2016).



57. VARGAS, C.F. 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agronomía Mesoamericana*, pp. 233,240.
58. VERGARA, V. 2008. Avances en nutrición y alimentación de cuyes. *Memorias de la XXXI Reunión Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal, Simposio Avances sobre Producción de Cuyes en el Perú.*
59. VILLAFRANCA, A.M. 2003. Evaluación de tres niveles de fibra en el alimento balanceado para cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento y engorde. Tesis Ingeniero. Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 90 p.
60. ZALDIVAR, A.M.; CHAUCA, F.L. 1975. Crianza de cuyes. *Boletín Técnico N° 81.* Ministerio de Agricultura, Lima, Perú.



ANEXOS



Tabla 14. Ganancia de peso vivo (g) promedio de cuyes por semanas alimentados con tres tratamientos.

Semanas	Tratamientos (g)		
	T1 (FVH cebada + concentrado)	T2 (FVH maíz + concentrado)	T3 (alfalfa + concentrado)
1	68,13	67,68	58,33
2	133,40	143,11	126,53
3	180,07	201,26	188,67
4	225,00	236,32	248,47
5	287,67	296,63	311,47
6	343,87	347,96	393,07
7	416,20	410,78	485,67
8	486,07	472,36	564,40
9	557,47	536,50	642,00
10	633,93	602,51	715,60

Tabla 15. Consumo de alimento acumulado por semana de cuyes alimentados con tres tratamientos.

Semanas	Tratamientos (g)					
	T1		T2		T3	
	FVH cebada	Concentrado	FVH maíz	Concentrado	Alfalfa	Concentrado
1	485,4	74,5	432	74,5	552,9	75,3
2	616,7	95,8	573,8	94,9	750,3	93,7
3	799,2	112,1	740,9	110,3	897,7	104,6
4	893	125,7	825,1	126,9	1045,7	120,7
5	1015,4	134,9	914,5	132,4	1192,7	129,9
6	1141,7	155,7	1076,9	152,5	1265,9	147,0
7	1168,4	177,9	1107,1	174,0	1292,9	167,9
8	1206,4	200,2	1141,9	197,0	1331,7	189,0
9	1210,1	221,0	1140,1	198,2	1338,9	211,0
10	1152,8	243,3	1093,7	218,1	1379	247,3
Total acumulado	9689,1	1541,1	9046,0	1478,7	11 047,7	1486,4

Tabla 16. Comparación de rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada y maíz

Prueba T para la igualdad de medias					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia
FVH Cebada y maíz	45,81	58	0,000	2149,9	46,93

Tabla 17. Análisis de varianza para la variable ganancia de peso vivo

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Sig
Tratamiento	2	161886,7111	80943,3556	23,95	P<0.0001
Error experimental	42	141930,5333	3379,2984		
Total corregido	44	303817,2444			
Coef. de var. (%)			9,09		



Tabla 18. Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Sig.
Tratamiento	2	4,35099111	2,17549556	5,16	P0,0099
Error experimental	42	17,70006667	0,42143016		
Total corregido	44	22,05105778			
Coef. de var. (%)		11,36			

Tabla 19. Análisis de varianza para la variable consumo de materia seca total

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Sig.
Tratamiento	2	6179134,43	3089567,217	73629,3	P<0.0001
Error experimental	42	1762,367	41,961		
Total corregido	44	6180896,8			
Coef. de var. (%)		0,178974			



Tabla 20. Costos de alimentación

Forrajes			
Tratamientos	Consumo total cuy/kg	Costo/kg	Sub total S/.
T1 (FVH cebada)	9,69	0,17	1,63
T2 (FVH maíz)	9,05	0,34	3,11
T3 (Alfalfa)	11,05	0,5	5,52

Alimento concentrado			
Tratamientos	Consumo total cuy/kg	Costo/kg	Sub total S/.
T1 concentrado	1,541	2	3,082
T2 concentrado	1,479	2	2,958
T3 concentrado	1,486	2	2,972

Total de costo de alimentación por tratamientos

Tratamientos	Costo total de alimentación del cuy (S/.)
T1	4,71
T2	6,06
T3	8,50



Tabla 21. Total de ingresos por cuy logrado

Tratamientos	Ganancia de peso vivo (kg)	Costo de cuy/kg (S/.)	Total (S/.)
T3	0,7156	20	14,3
T1	0,63393	20	12,7
T2	0,569	20	11,4

Tabla 22. Cálculo de la utilidad bruta

Tratamientos	Egresos	Ingresos	Utilidad bruta
T1	4,71	12,7	7,97
T2	6,06	11,4	5,32
T3	8,50	14,3	5,82

Tabla 23. Rentabilidad con fines comparativos del FVH por cuy

Indicadores	Tratamientos		
	T1 (FVH cebada + concentrado)	T2 (FVH maíz + concentrado)	T3 (Alfalfa + concentrado)
Ingresos por GPV (S/.)	12,7	11,4	14,3
Egresos (S/.)	4,71	6,06	8,5
Utilidad bruta (S/.)	7,97	5,32	5,82
Rentabilidad (%)	169.13	87.65	68.46



FOTOGRAFÍAS





Figura 2. Módulo de producción de forraje hidropónico de la granja.



Figura 3. Producción de forraje verde hidropónico.



Figura 4. Sistema de riego en el módulo hidropónico.



Figura 5. Bandejas de FVH cebada, maíz y un ejemplar del experimento.



Figura 6. Distribución de las pozas

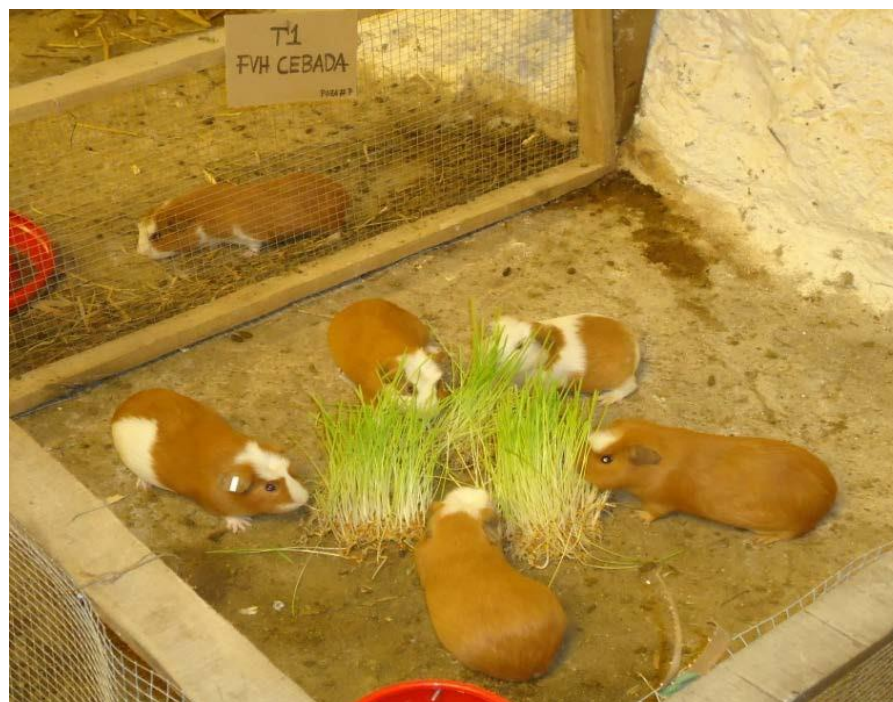


Figura 7. Poza del tratamiento de FVH cebada.



Figura 8. Suministro de alimento concentrado



Figura 9. Pesado antes de suministrar el alimento FVH

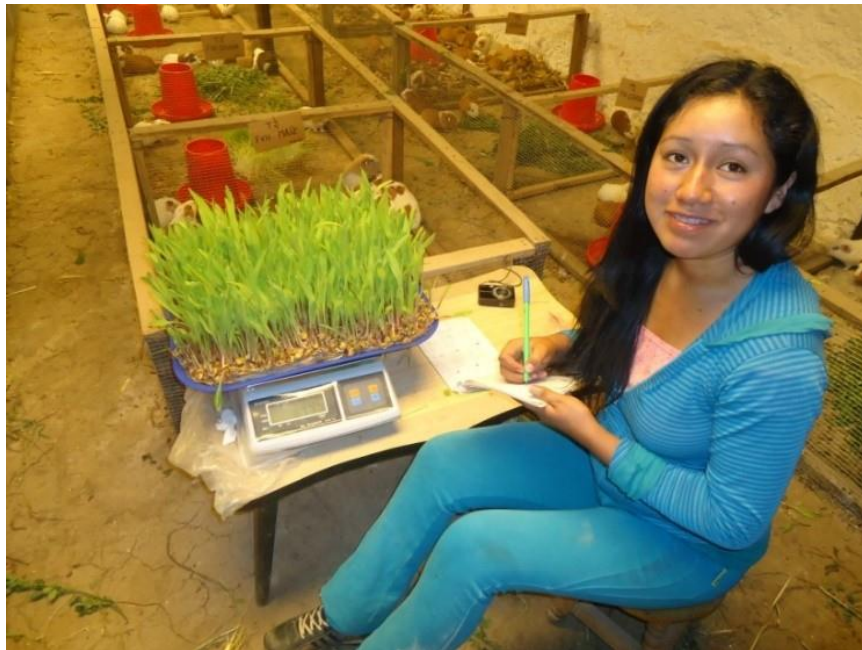


Figura 10. Control del rendimiento del FVH maíz.



Figura 11. Pesado de los residuos FVH maíz.



Figura 12. Control de peso semanal.



Figura 13. Reproductor listo para la comercialización.