

# EFECTO DEL SUMINISTRO DE NUTRIENTES EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE CEBADA HIDROPÓNICO Y SU USO EN EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE CUYES

EFFECT OF NUTRIENT SUPPLY ON THE HYDROPONIC PRODUCTION OF FORAGE OF BARLEY AND ITS USE IN THE PRODUCTION PERFORMANCE OF GUINEA PIGS

WILSON LINO CASTILLO SOTO<sup>1</sup>

CÉSAR LOMBARDI PÉREZ<sup>2</sup>

CELITO INMÉR MIRANDA ALCÁNTARA<sup>3</sup>

## Resumen

Con el objetivo de evaluar la producción y el valor nutritivo del forraje de cebada hidropónico producido con y sin suministro de nutrientes (minerales en el agua) y su uso en la alimentación de cuyes sobre el desempeño productivo y económico, se realizaron dos ensayos: en el primero, para evaluar el valor nutritivo se utilizaron bandejas de germinación, en las que se colocaron las semillas de cebada y se aplicaron los siguientes tratamientos: sin aplicación de nutrientes, con aplicación de nutrientes desde la germinación y con aplicación de nutrientes desde los ocho días de germinación. La evaluación se realizó a los 8, 12 y 16 días de edad. En el segundo ensayo, para evaluar el desempeño productivo de los cuyes, se emplearon 64 cuyes de ambos sexos, de la raza Perú, destetados a los 15 días de edad y distribuidos en cuatro tratamientos: forraje hidropónico sin nutrientes, forraje con nutrientes desde la germinación, forraje hidropónico con nutrientes a partir de los ocho días de germinación, y alimentación convencional, a base de alfalfa y pasto de elefante, como control; todos suplementados con concentrado. Los cuyes, en grupos de cuatro, se distribuyeron en pozas, bajo un diseño de bloques al azar y evaluados durante 60 días.

Las mejores calidades de forraje fueron encontradas a los 12 y 16 días de edad. Las bandejas de forraje que recibieron nutrientes desde la germinación tuvieron la menor concentración de materia seca y la mayor de proteína bruta, conllevando a mayor producción de forraje verde ( $p < 0,05$ ), sin mostrar efecto significativo en la producción materia seca y proteína bruta. El forraje hidropónico cultivado con solución nutritiva desde la germinación provocó en los cuyes desempeños productivos similares a aquellos con alimentación convencional a base de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), alfalfa y concentrado; y generó mayores beneficios económicos como resultado de la crianza.

## Palabras clave

Forraje de cebada hidropónico | desempeño productivo de cuyes

## Abstract

In order to assess the production and nutritional value of hydroponic barley forage, produced with and without nutrient supply (mineral water) and its use in feeding of guinea pigs on the productive and economic performance, two trials were carried out: in the first, to assess the nutritional value, germination trays were used, in which the barley seeds were placed and the following treatments were applied: without application of nutrients, with application of nutrients from germination, and with application of nutrients from eight days after germination. The evaluation was made at 8, 12, and 16 days old. In the second trial, to evaluate the productive performance of guinea pigs, 64 guinea pigs, race Peru, of both sexes were used, weaned at 15 days of age, and divided into four treatments: hydroponic forage without nutrients, forage with nutrients from germination, hydroponic forage with nutrients from eight days old, and conventional food, made with alfalfa and elephant grass, as a control, all of them supplemented with concentrate. Guinea pigs were grouped in pools with four animals, distributed by a randomized block design and evaluated during 60 days.

The best qualities of forage were found at 12 and 16 days of age. Trays that received nutrients from germination had the lowest concentration of dry matter and the highest crude protein, leading to the highest production of green forage ( $p < 0.05$ ), showing no significant effect on dry matter and crude protein. The hydroponic forage cultivated with nutrient solution from germination produced, in guinea pigs, productive performances similar to those with conventional feeding, made with elephant grass (*Pennisetum purpureum*), concentrate, and alfalfa, and generated greater economic benefits as a result of aging.

## Keywords

Hydroponic forage of barley | production performance of guinea pig

<sup>1</sup> Profesor de la UPAO. Director de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

<sup>2</sup> Profesor de la UPAO. Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias.

<sup>3</sup> Alumno de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UPAO.

## I. Introducción

En la crianza de los nuevos genotipos de cuyes existe la necesidad de intensificar y mejorar la eficiencia en las prácticas de producción de una manera sostenible; factores como el incremento en la demanda de productos alimenticios, la expansión de la frontera agrícola y ganadera, la erosión del suelo y la contaminación de las aguas, y el crecimiento estacional de los pastos debido, en ciertos casos, a la disponibilidad del agua, están orientando la investigación hacia la búsqueda de métodos alternos para producir alimento para animales de manera técnica y que garanticen su disponibilidad y accesibilidad a los lugares de crianza.

Por otro lado, en la región de la costa, el crecimiento urbano marginal se ha encargado de desplazar las explotaciones agropecuarias hacia sectores donde se reduce el potencial de producción del forraje, haciendo que la interdependencia entre el suelo como medio de soporte radical de la pastura y la producción de forraje se vea comprometida. Es común, en la actualidad, observar en los alrededores de las grandes urbes, la comercialización ambulatoria de forrajes para cuyes, lo cual trae consigo tres inconvenientes: primero, que el valor nutritivo del forraje no es homogéneo por la variabilidad en el estado de madurez; segundo, el costo del forraje es elevado, hecho que, a su vez, eleva el costo de producción de los cuyes; y tercero, existe el peligro de que el forraje esté contaminado debido al uso frecuente, en algunas zonas, de aguas servidas, lo cual pone en peligro toda la crianza y la salud pública.

Como una alternativa, se presenta la producción de forraje verde hidropónico (FVH), que es una tecnología de producción de biomasa obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables (FAO, 2001). En el proceso de germinación de una semilla se produce una serie de transformaciones cualitativas y cuantitativas importantes. El germen del embrión de la futura planta, a partir de un almacén de energía en forma de carbohidratos y lípidos, es capaz de transformarse en pocos días en una plántula con capacidad para captar energía del sol y absorber elementos minerales de una solución nutritiva. En este estado, la planta, tanto en su parte aérea como en la zona radicular, se encuentra en un crecimiento acelerado, adquiriendo poco contenido de fibra y un alto contenido en proteína, parte de la cual se encuentra en proceso de nueva formación, por lo que gran parte de los aminoácidos están en forma libre. Estas condiciones permiten que se obtenga un producto de alta digestibilidad, buena calidad nutricional y apto para la alimentación animal (Carballo, 2000).

Sin embargo, existe una gran diversificación de procesos para producción de forraje hidropónico, lo cual genera diferentes rendimientos, diferentes periodos de cosecha y diferente calidad del forraje; aún más, los resultados difícilmente son comprobables y replicables, debido a la falta de información científica que otorgue respaldo. Igualmente se ha comprobado la influencia de aplicación de nutrientes en la producción de forraje hidropónico durante el crecimiento de la planta (Furlani, 2003), con una secuela de inconsistencias en los resultados por las variaciones en el proceso

productivo; justificando así, la evaluación integral en este nivel y su efecto en la producción de cuyes.

La producción de forraje verde hidropónico a partir de cebada es una alternativa importante para la producción de cuyes, considerando la escasez de terrenos para producir forraje, la deficiencia de agua para dicho fin o incluso, el uso de aguas servidas que conllevan problemas de salud pública. Es necesario también determinar la influencia de los nutrientes aplicados en el agua de regadío sobre la producción y calidad del forraje hidropónico, así como el periodo óptimo de cosecha y cómo estos influyen en el rendimiento productivo y económico de la crianza de cuyes en las etapas de crecimiento y engorde.

Por lo expuesto, planteamos que la aplicación de nutrientes al cultivo de forraje hidropónico de cebada mejora la producción de biomasa y el valor nutritivo, y al ser utilizado en la alimentación de cuyes conlleva a la obtención mejores rendimientos biológicos y económicos.

### OBJETIVOS

1. Evaluar la producción y el valor nutritivo del forraje de cebada hidropónico producido con y sin suministro de nutrientes (minerales).
2. Evaluar el efecto del uso del forraje de cebada hidropónico en la alimentación de cuyes para el mercado sobre el desempeño productivo.
3. Evaluar el costo - beneficio del proceso de crianza de acuerdo al forraje.

## II. Antecedentes

### 1. Crianza de cuyes: crecimiento y engorde

El cuy es una especie herbívora monogástrica, con habilidades para aprovechar eficientemente los alimentos. Desarrolla digestión enzimática propia en estómago e intestino y fermentación postgástrica a través de microorganismos a nivel del ciego. Realiza cecotrofia y reutiliza el nitrógeno, permitiéndole un buen comportamiento productivo con alimentos de niveles bajos o medios de proteína (Chauca, 1997). El crecimiento de los cuyes se considera que pasa por dos etapas: la primera se inicia luego del destete hasta la 4ta semana, en su desarrollo, los gazapos reciben una dieta alta en proteína y alcanzan a triplicar su peso de nacimiento; la segunda etapa va de la 4ta semana hasta la edad de comercialización. En esta etapa los animales reciben dietas con un alto contenido de energía y baja proteína; sin embargo, con la mejora genética que se viene alcanzando, los niveles de nutrientes requeridos deben ser ajustados para optimizar el crecimiento.

Las necesidades de nutrientes han sido establecidas por la NRC (1995), focalizando al cuy como animal de laboratorio. 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; sin embargo, 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) evaluó dietas con 15 y 18% de proteína y 2,8 y 3,0 Mcal de ED/kg de alimento, y encontraron mayores ganancias de peso en los animales que recibieron las dietas de 18% de proteína. En ambos niveles de energía, el 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).

Por otro lado, en la fase de lactancia, el incremento en el nivel de proteína mejora el peso al destete. Vergara y Remigio (2006), citados por Vergara (2008), encontraron mayores ganancias de peso y mejor conversión del alimento en animales que recibieron alimento de inicio (20% de PB y 3,0 Mcal ED/kg), en comparación con dietas de crecimiento (18% de PB y 2,8 Mcal ED/kg de alimento), suministrados hasta las cinco semanas de edad (tres semanas post-destete). En la etapa final del proceso de crecimiento, después de las 8 semanas, la reducción de la proteína (17% de PB; 2,7 ED/kg) no afectó la ganancia de peso, conversión de alimento, ni el rendimiento de carcasa (Vergara, 2008).

Las necesidades de los aminoácidos lisina y los azufrados metionina más cistin, establecidos por NRC (1995) para el cuy de crecimiento normal, fueron evaluados por Remigio et al. (2006). Los resultados demuestran que el nivel establecido por NRC (1995) para metionina más cistina de 0,60%, no es suficiente para promover el mayor crecimiento, siendo, por tanto, necesario incrementar el nivel a 0,70% (15 % a más). Se ha demostrado también una mejor respuesta cuando la relación de aminoácidos azufrados y lisina es de 90%. El nivel de lisina establecido por NRC (1995) permite un crecimiento adecuado.

## 2. Forraje hidropónico

El forraje hidropónico consiste en la germinación de granos (usualmente semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo. (FAO, 2001).

Según Müller et al. (2006), el cultivo de forraje hidropónico necesita de nutrientes que las plantas encuentran en el suelo, donde es necesario el uso de soluciones nutritivas, ya sea orgánicas o inorgánicas. Parcialmente corrigen la reducción del contenido de materia seca con el avance de los días a la cosecha, siendo ligeramente los valores de las soluciones nutritivas orgánicas superiores a las inorgánicas.

Salas et al. (2010) determinaron que la fertilización con una concentración suficiente de nitrógeno (N) satisface los requerimientos del forraje, dando lugar las diferencias de resultados a los días de cosecha, donde, a medida que avanza el tiempo, el rendimiento de FVH y la producción de materia seca (MS) aumentan significativamente con el paso de los días.

Por otra parte, Müller et al. (2006) observó mayor contenido de proteína bruta (PB) en las etapas iniciales que a los 16 días. La disminución del PB en FVH es debido a la maduración de la planta, ya que durante el desarrollo de órganos estructurales como

tallos y peciolas, el N se desplaza a las partes más jóvenes. Esto disminuye la fracción de biomasa activa y promueve una dilución del N en la planta. Los porcentajes de celulosa también aumentan ligeramente con el avance de los días de cosecha, limitando el consumo de materia seca, por lo que sugieren que la cosecha del forraje hidropónico se realice entre 8 a 12 días, para poder usar el contenido proteico sin reducirse la materia seca y su digestibilidad.

Entre las ventajas que presenta el forraje verde hidropónico, se puede decir que permiten un suministro constante durante todo el año; se pueden emplear terrenos marginales y desérticos de zonas urbanas (áreas pequeñas); se reduce el desperdicio de agua; se obtiene una fuente alternativa de alto valor nutricional; es completamente natural por lo que hay una menor incidencia de enfermedades.

El forraje hidropónico 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. La tecnología FVH es complementaria y no competitiva con la producción convencional de forraje a partir de especies aptas (avena, mezclas de trébol y gramíneas, alfalfa, etc.) para cultivo forrajero convencional (FAO, 2001). Tarrillo (2008) reportó que el nivel de proteína del forraje hidropónico es muy similar al de alfalfa. Es importante señalar que el nivel de proteína de la alfalfa varía según el estado del corte de las plantas, mientras que el forraje hidropónico depende del nivel de fertilización nitrogenada, días de producción y semilla usada.

## 3. Utilización del forraje hidropónico en 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 y otros rumiantes; también 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 (2008) sostienen que el uso del FVH en la alimentación de cuyes conlleva a una mayor producción de leche (mayor número de crías logradas al año), reducción en los costos de alimentación y atención a las necesidades de agua y vitamina C de los cuyes.

## 4. Análisis químico del forraje hidropónico de cebada

Existe gran variación en la composición nutricional del forraje hidropónico de cebada. Sepúlveda (1994), citado por Izquierdo (2001), reportó valores de 25% de PB. Furalani (2003) determinó que la PB de la cebada varía en función de la edad de la planta, el uso de soluciones nutritivas y la MS acumulada.

La Universidad Nacional Agraria La Molina muestra la composición nutricional de cebada de la variedad UNA-80, evaluada a los 10 días de germinada incluyendo raíces y toda la parte aérea. En el cuadro siguiente se muestra la composición.

**Cuadro 1**  
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA

Análisis (%)	Raíces	Tallos	Hojas	Total
Proteína Cruda	12,19	27,18	35,28	16,02
Grasa	5,68	4,55	3,77	5,37
Fibra Cruda	10,29	26,32	21,50	12,94
E L N	68,29	36,78	34,66	62,63
Ceniza	2,56	5,17	4,8	3,03
NDT	84,03	61,29	76,26	80,91

Fuente: Laboratorio UNALM (1996).

### III. Materiales y métodos

#### 1. Lugar de realización del proyecto

Se realizó en las instalaciones de la Universidad Privada Antenor Orrego. la producción de forraje verde hidropónico, la crianza de cuyes en el Fundo UPAO II y el análisis químico proximal de las muestras de forraje se realizó en el Laboratorio de Medicina Veterinaria (MEVE) de la UPAO.

#### 2. Ensayo 1: Evaluación del Forraje Verde Hidropónico (FVH)

Se realizó con la finalidad de evaluar el efecto de la aplicación de minerales en el agua de riego sobre el rendimiento en la producción y calidad del forraje.

##### 2.1. Instalaciones para el cultivo de forraje

El cultivo de forraje se realizó dentro de un ambiente que contó con techo y paredes, en un área de 12 m<sup>2</sup> (3 m x 4 m). Dentro de este ambiente se construyeron una unidad de germinación y una unidad de crecimiento. Cada unidad constó de tres estantes de cuatro pisos para alojar un total 48 bandejas de plástico de 44 cm x 31 cm x 2,0 cm, donde fue depositada la semilla de cebada.

##### 2.2. Procedimiento para el cultivo de forraje

El procedimiento para el cultivo del forraje fue adaptado del manual de procedimientos descrito por Carballo (2008) y constó de los siguientes pasos:

**Limpieza y pesaje de las semillas.** Se realizó una selección manual de las semillas para eliminar impurezas y aquellas que estaban en mal estado (semillas partidas). El pesado de semilla para colocar en las bandejas se realizó considerando una densidad de 0,45 g/cm<sup>2</sup>, resultando un peso de 614 g para cada bandeja.

**Lavado.** Las semillas fueron lavadas con el objeto de eliminar el polvo, impurezas y semillas mal formadas. Este lavado se realizó agitándolas por unos segundos, para luego eliminar el agua sucia; el proceso fue repetido hasta por tres veces.

**Desinfección.** Las semillas fueron desinfectadas con el propósito de eliminar microorganismos que generan putrefacción y esporas de hongos, para evitar problemas durante el proceso de germinación y producción. Este proceso se realizó sumergiendo las semillas en una solución de agua con lejía

(hipoclorito de sodio) al 1 % por un periodo de 30 minutos.

**Remojo.** Las semillas fueron puestas en remojo con agua por espacio de 24 horas, con cambio de agua a las 12 horas, con el objetivo de activar la vida latente del grano y facilitar la germinación.

**Oreo.** Terminado el proceso de remojo, las semillas fueron enjuagadas con agua y puestas en bolsas de polipropileno, las mismas que estuvieron suspendidas por 12 horas para facilitar el drenaje del agua.

**Traslado.** Se colocaron las semillas en bandejas de un área de 1364 cm<sup>2</sup> formando una capa uniforme de aproximadamente 1,5 cm de espesor. Se utilizaron cuatro bandejas por tratamiento y por periodo de evaluación. Las bandejas fueron colocadas en la unidad de germinación.

**Germinación.** Para lograr una adecuada germinación, los estantes de la unidad de germinación fueron cubiertos con un plástico negro y dentro de ellos se mantuvo buena ventilación y oscuridad; con la ayuda de nebulizadores manuales de riego se suministró agua evitando que se movieran las semillas. Este proceso tuvo una duración de 48 horas.

**Producción.** Pasado el tiempo de germinación, las bandejas fueron trasladadas a los estantes de la unidad de crecimiento y se iniciaron los riegos. Para el suministro de agua por aspersion se utilizaron nebulizadores manuales. Al aparecer las primeras hojas se comenzó la etapa de irrigación (aproximadamente al cuarto día).

**Irrigación.** El riego fue de acuerdo a los tratamientos que se aplicaron. Para las bandejas que recibieron nutrientes, a las 7:00 y 14:00 hs se regaron con solución nutritiva a razón de dos litros/m<sup>2</sup> de superficie de bandeja; a las 11:00 y 17:00h se regó con agua limpia. Este proceso fue repetido hasta un día antes de la cosecha y se suspendió el uso de la solución nutritiva. A las bandejas que no recibieron nutrientes, se aplicó solamente agua en las mismas cantidades y horarios establecidos.

**Cosecha.** Para el caso, cada evaluación fue una cosecha y se realizaron a los 8, 12 y 16 días.

##### 2.3. Preparación de las soluciones nutritivas

Se preparó la solución nutritiva sugerida por Vargas (2008), cuyos detalles se describen en los cuadros 2 y 3. Una combinación de estas soluciones (5 mL de A y 2,0 mL de B) fue utilizada en los tratamientos respectivos.

**Cuadro 2**  
CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS EN LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS

Solución concentrada A: (para 5.0 litros de agua, volumen final)		Peso (g)
Nitrato de potasio		550.0
Nitrato de amonio		350.0
Superfosfato triple		180.0
Solución concentrada B: (para 2.0 litros de agua, volumen final)		
Sulfato de magnesio		220.0
Quelato de hierro 6% Fe		17.0
Solución de Micronutrientes, 400 mL		
Solución micronutrientes: (para 1.0 litro de agua destilada)		
Sulfato de manganeso		5.0
Ácido bórico		3.0
Sulfato de zinc		1.7
Sulfato de cobre		1.0
Molibdato de amonio		0.2

**Cuadro 3**  
CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS EN LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

Elemento	Concentración (ppm)	Elemento	Concentración (ppm)
Nitrógeno	190	Magnesio	45
Fósforo	35	Azufre	70
Potasio	210	Hierro	1.0
Manganeso	0.50	Cobre	0.10
Zinc	0.15	Boro	0.50
Molibdeno	0.05		

#### 2.4. Tratamientos en estudio

Los tratamientos consistieron en la aplicación o no de nutrientes durante el regadío de las plantas.

SN = Cultivo de forraje sin aplicación de nutrientes.

NG = Cultivo de forraje con aplicación de nutrientes desde la germinación y durante todo el periodo de crecimiento.

N8 = Cultivo de forraje con aplicación de nutrientes a partir del 8° día de edad.

#### 2.5 Variables dependientes

En cada periodo de evaluación (8, 12 y 16 días después del inicio de la germinación) se evaluó:

- Producción de forraje verde (FV), g
- Producción de materia seca (MS), g
- Proteína bruta (PB), %

#### 2.6. Toma de muestras, preparación y análisis de laboratorio

En cada periodo que se evaluó, se colectó todo el material de cuatro bandejas por tratamiento y se pesó el material fresco; luego se procedió a extraer en cada bandeja tres submuestras representativas incluyendo raíces y semillas. Se colocó en una estufa a 60 °C hasta lograr un peso constante. Posteriormente, para los análisis de laboratorio, las muestras fueron molidas y guardadas. La materia seca (MS) se estimó a partir de las muestra sometidas a una temperatura de 60 °C, El contenido

de proteína bruta (PB) se determinó por el método de Kjeldahl, de acuerdo a la metodología descrita por la (AOAC, 1997).

#### 2.7. Diseño experimental y análisis estadístico

Las bandejas fueron distribuidas, al inicio del experimento, a través de un diseño de bloque completo al azar con tres tratamientos y cuatro bloques, siendo el factor de bloqueo el nivel que ocupa la bandeja en el estante de la unidad de crecimiento. Las evaluaciones se realizaron a los 8, 12 y 16 días después del inicio de la germinación. Inicialmente se tuvo planificado evaluar a los 20 días de edad; sin embargo, debido a que las plantas no consiguieron mantenerse erectas y a la proliferación de hongos en las raíces, esta evaluación fue desestimada.

Para cada variable dependiente y en cada periodo de evaluación, los resultados fueron comparados a través del análisis de variancia y los promedios comparados por medio de la prueba de Tukey, de acuerdo a Stell y Torrie (1995.)

Modelo lineal aditivo y esquema de análisis de variancia.

$$Y_{ijk} = U + T_i + B_j + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Observación cualesquiera de la unidad experimental, que corresponde al j-ésimo bloque que recibió el i-ésimo tratamiento.

U = Promedio del experimento.

$T_i$  = Efecto de la aplicación de nutrientes (i=1, 2, 3).

$B_j$  = Efecto del nivel en el estante (j= 1, 2, 3, 4.)

$E_{ijk}$  = Error experimental.

### 3. Ensayo 2: Evaluación del forraje en el crecimiento y engorde de cuyes

Se realizó con la finalidad de evaluar el efecto biológico y económico del FVH en alimentación de cuyes durante las fases de crecimiento y engorde.

#### 3.1. Instalaciones y animales

Se utilizó un galpón destinado a la crianza de cuyes, construido con paredes de material noble, ventanas con malla y techo de eternit. Dentro del cual se encuentran construidas pozas de 0,50 m<sup>2</sup> cada una, en donde se alojaron a los cuyes. Cada poza estuvo provista de un comedero de arcilla para el suministro de concentrados y un bebedero para agua; para el FVH se acondicionó maderas de 30 x 40 cm sobre el piso, para colocar el forraje.

Se emplearon 64 cuyes machos de la raza Perú, destetados a los 15 días de edad, procedentes de una granja comercial. A los 15 días de edad se formaron grupos de 5 animales por cada poza y fueron distribuidos para cada tratamiento. Los cuyes se identificaron con aretes de aluminio numerados, en la oreja para facilitar la evaluación.

#### 3.2. Alimentación

El suministro de alimento fue diariamente y consistió en colocar el FVH de acuerdo al tratamiento en cada

poza; adicionalmente se suministró un alimento balanceado. La proporción del FVH y el alimento balanceado fue del 60 y 40%, respectivamente, del requerimiento de MS de cada animal. El forraje fue cosechado a los 12 días de edad, de acuerdo al ensayo 1. El alimento balanceado se formuló para complementar los aportes del forraje de acuerdo a las necesidades nutricionales de los cuyes recomendados por la NRC (1995). Los animales fueron alimentados desde el destete hasta los 70 días de edad. El forraje ofrecido fue pesado diariamente y al día siguiente las sobras fueron también pesadas.

### 3.3. Sanidad

Para iniciar el experimento se desinfectaron las instalaciones y equipos con detergente y lejía para prevenir el ataque de enfermedades frecuentes en la región.

### 3.4. Tratamientos en estudio

Los tratamientos consistieron en el suministro de FVH a los cuyes, de acuerdo a los tratamientos establecidos en el ensayo 1.

ACT = Alimentación convencional.

ASN = Alimentación con FVH producido sin aplicación de nutrientes.

ANG = Alimentación con FVH producido con aplicación de nutrientes desde la germinación y durante todo el periodo de crecimiento.

AN8 = Alimentación con FVH producido con aplicación de nutrientes a partir del 8° día de edad.

### 3.5. Variables dependientes

Consumo de alimento.  
Conversión alimenticia.  
Ganancia de peso.  
Análisis económico.

Los cuyes fueron pesados cada 15 días. El consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia se evaluaron al final de cada quincena y durante el periodo total.

El análisis económico se realizó al final del periodo experimental y consistió en estimar el beneficio neto por cada animal y por kg de cuy producido.

#### Beneficio neto:

$$BN = PY - CV - CF$$

Dónde: BN = Beneficio neto  
P = Precio del cuy vivo/unidad  
Y = Cantidad de producto  
CV = Costo variable  
CF = Costo fijo.

### 3.6. Diseño experimental y análisis estadístico

Los cuyes fueron distribuidos, al inicio del experimento, en los tratamientos a través de un diseño de bloque completo al azar con cuatro tratamientos y cuatro bloques, siendo el factor de bloqueo el peso de los animales al inicio del

experimento. Cada unidad experimental estuvo compuesta por una poza de 4 cuyes.

Para cada variable dependiente, los resultados fueron comparados a través del análisis de variancia y los promedios, a través de la prueba de Tukey (Stell y Torrie, 1995).

Modelo lineal aditivo y esquema de análisis de variancia

$$Y_{ijk} = U + T_i + B_j + E_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Observación cualesquiera de la unidad experimental, que corresponde al j-ésimo bloque que recibió el i-ésimo tratamiento.

U = Promedio del experimento.

$T_i$  = Efecto del forraje ( $i = 1, 2, 3, 4$ ).

$B_j$  = Efecto del peso inicial de los cuyes ( $j = 1, 2, 3, 4$ ).

$E_{ijk}$  = Error experimental.



## IV. Resultados y discusión

### 1. Evaluación del forraje verde hidropónico

La composición nutricional, medida en términos de MS y PB y la producción de forraje verde, forraje en materia seca y producción de proteína del forraje hidropónico según los tratamientos aplicados y evaluados a los 8, 12 y 16 días de edad, se muestra en el cuadro 4.

**Cuadro 4**  
PROMEDIOS DE CONCENTRACIÓN DE MATERIA SECA (MS) Y PROTEÍNA BRUTA (PB), PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE (FV) Y FORRAJE EN MATERIA SECA (FMS) Y PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

Tratamientos	MS (%)	PB (%)	Producción forraje (kg/m <sup>2</sup> )		PB (g/m <sup>2</sup> )
			FV	FMS	
8 días					
SN	10.82a	10.39a	25.623a	2.765a	287.22a
NG	10.57a	11.00a	28.363a	2.997a	329.17a
N8	10.16a	10.92a	24.588a	2.487a	271.62a
SEM	0.54	0.14	1.11	0.13	14.80
12 días					
SN	9.36ab	11.01 b	27.529ab	2.576a	283.73a
NG	8.58 b	12.55a	29.683 b	2.545a	319.28a
N8	10.43a	10.80 b	25.953 b	2.699a	291.31a
SEM	0.30	0.26	0.61	0.07	9.81
16 días					
SN	10.44a	10.37 b	27.859 b	2.908a	299.05a
NG	8.84a	12.39a	31.342a	2.771a	343.66a
N8	9.52a	10.53 b	28.922 b	2.747a	289.41a
SEM	0.85	0.35	0.49	0.22	21.79

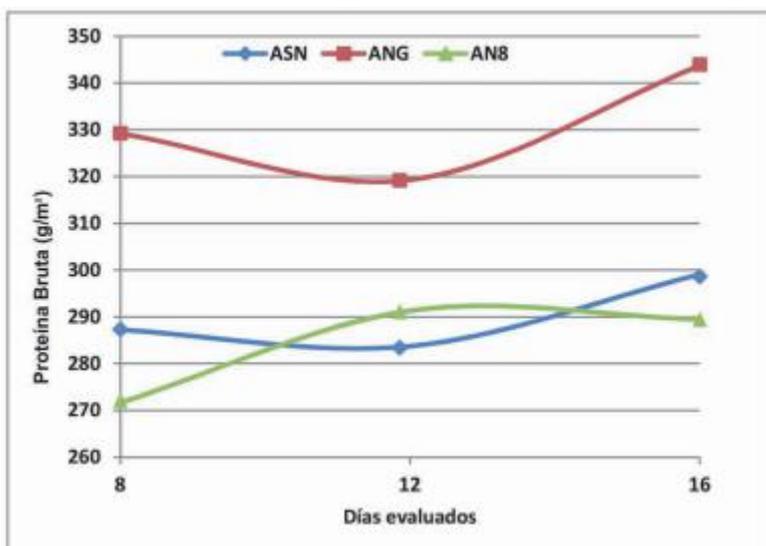
Promedios seguidos de letras diferentes difieren entre sí ( $P < 0.05$ ), por la prueba de Tukey. SEM: error estándar del promedio.

A los 8 días, la aplicación de nutrientes en el agua no influyó sobre las variables evaluadas; a los 12 y 16 días, el forraje que recibió nutrientes desde la germinación (NG) tuvo menor concentración de MS y mayor PB, conllevando a mayor producción de forraje verde ( $P < 0.05$ ), sin mostrar efecto significativo en la producción de MS del forraje y en la producción de PB.

Menores concentraciones de MS para el forraje que recibió solución nutritiva son concordantes con Furlani (2003); sin embargo, la PB, que en nuestro caso se mostró superior a forrajes sin nutrientes, discrepa de los datos publicados por este autor. Contrario a lo esperado, menores valores en la materia seca en forrajes con solución nutritiva pueden estar explicados por la mayor retención de agua, lo cual conlleva a mayor producción de forraje verde/m<sup>2</sup>, pero sin alterar la producción de forraje en base MS/m<sup>2</sup>. Por otro lado, una mayor concentración de proteína en los tratamientos con nutrientes ha conllevado a mayor producción de PB/m<sup>2</sup>, aun cuando este efecto no se ha mostrado significativo. Esto se explica por la presencia de microorganismos (bacterias nitrificantes) que se convierten en un medio rico en nutrientes de fijadoras de nitrógeno.

Los valores de PB (g/m<sup>2</sup>) son concordantes con los reportados por Izquierdo (2001); sin embargo, la tendencia de mostrar mayor producción a medida que la edad aumenta es discordante (figura 1); de acuerdo a los datos de Izquierdo (2001), el contenido de proteína bruta (en g/m<sup>2</sup>) al cabo de 15 días de crecimiento, tiende a aumentar a medida que se incrementa el contenido de nitrógeno de la solución nutritiva hasta 200 ppm. Una concentración mayor no aumenta el aporte proteico; por el contrario, lo disminuye en aproximadamente 13.6%, lo que equivale a 59 (g/m<sup>2</sup>) de proteína en base MS. Una posible explicación pudiera ser una interacción de iones, provocado una pérdida del balance necesario entre los integrantes de la solución nutritiva y como consecuencia, un efecto de toxicidad. En nuestro caso la concentración de 190 ppm de N en la solución nutritiva estuvo dentro del rango recomendado, sin embargo, a los 12 días de evaluación se encontraron valores menores, con diferencias no significativas en relación a los 8 y 16 días.

Un hecho no reportado en la bibliografía es la apariencia del forraje a los 16 días. En todos los tratamientos el forraje tendió a mostrar acame y, por lo tanto, la disminución de su crecimiento, hecho que facilita la proliferación de hongos en la base de las plantas y en las raíces, haciendo el producto no comestible por los animales.



**Figura 1.** Comportamiento de la producción de proteína bruta (g/m<sup>2</sup>) en función de los días evaluados, para cada tratamiento.

## 2. Evaluación del forraje en el crecimiento y engorde de cuyes

El comportamiento productivo de cuyes alimentados con forraje hidropónico cultivado con o sin soluciones nutritivas, de 15 a 70 días de edad son mostrados en el cuadro 5. Allí se observa que cuyes alimentados con forraje hidropónico que recibió solución nutritiva desde la germinación (ANG) presentaron similares ganancias de peso y conversión alimenticia que aquellos que recibieron alimentación convencional en base a pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) más alfalfa y concentrado (ACT); el forraje hidropónico sin nutrientes (ASN) y el que recibió nutrientes desde los 8 días de germinado (AN8) provocaron en los cuyes ganancias de peso significativamente inferiores ( $P < 0.05$ ) a aquellos que recibieron ACT y ASN, sin presentar variaciones en el consumo y en la conversión alimenticia.

**Cuadro 5**

PROMEDIOS DE GANANCIA DE PESO TOTAL (GP total), GANANCIA DIARIA DE PESO (GDP), CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO (CDA) Y CONVERSIÓN ALIMENTARIA (CA) DE CUYES ALIMENTADOS CON FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

Tratamientos	Peso Inicial (q)	Peso final (q)	Ganancia de peso total (q)	Ganancia diaria de peso (q)	Consumo diario de alimento (q)	Conversión alimenticia (q/q)
ACT	426.25	910.63	484.38a	8.81a	69.29a	7.99a
ANG	430.63	835.52	404.90ab	7.36ab	57.76 b	8.26ab
ASN	427.81	692.92	265.10 c	4.82 c	55.59 b	11.54 b
AN8	417.40	747.19	329.79 bc	6.00 bc	57.49 b	9.82ab
SEM			29.42	0.53	1.25	0.78

Promedios seguidos de letras diferentes difieren entre sí ( $P < 0.05$ ), por la prueba de Tukey. SEM: error estándar del promedio

Cuyes alimentados con forraje hidropónico tendieron a consumir menos, quedando como sobras generalmente la parte radicular. Este comportamiento alimenticio generó menores ganancias de peso en relación a aquellos que recibieron alimentación convencional. Las conversiones similares entre cuyes que recibieron alimento comercial y aquellos que recibieron forraje hidropónico del tratamiento ANG son atribuibles al mayor contenido proteico de este último observado en la evaluación del forraje (Cuadro 4). Las evaluaciones realizadas por Vergara (2008) han demostrado que incrementando los niveles de aminoácidos en 10% sobre los requerimientos de NRC (1995), promueven el crecimiento y mejoramiento de la conversión del alimento, siendo más consistentes a mayor nivel de energía digestible.

Por otro lado, el uso de forraje verde como único alimento para los cuyes no contribuye con el aporte suficiente de nutrientes y energía para sostener el crecimiento rápido, expresado en su potencial genético. Por consiguiente, en los sistemas de alimentación de cuyes mejorados es necesario considerar la alimentación mixta, teniendo como base el forraje verde y la suplementación con un alimento balanceado, que contribuya con el adecuado contenido de nutrientes.

La alimentación con alimento balanceado y forraje verde se basa en el suministro diario de forraje verde en relación con el peso del animal. Rivas (1995), citado por Vergara (2008), comparó el suministro de forraje chala con relación al 20 y 10 % del peso corporal, ofrecido diario o ínter diario, con alimento balanceado a voluntad. La reducción de 20 a 10% del peso corporal, así como la restricción en el suministro interdiario no afecta el crecimiento; sin embargo, se reduce la ingestión de materia seca y se incrementa el costo de alimentación, recomendando el suministro diario de forraje verde el 10 % del peso vivo.

Lo antes mencionado explica por qué los resultados de ganancia diaria de peso obtenidos en los animales del experimento son menores a los reportados por Vergara (2008) y otros. La mejora continua de los cuyes obliga cada vez más a utilizar menos forraje y más alimento balanceado, en el intento por alcanzar sus necesidades nutricionales, materia que en el presente trabajo fue dejado a un segundo lugar con la finalidad de evaluar el forraje hidropónico.

### 3. Evaluación económica de la cría de cuyes

En el cuadro 6 se muestra el análisis del beneficio neto del experimento, donde se aprecia que animales que recibieron forraje con suministro de nutrientes desde la germinación, así como aquellos que recibieron alimentación convencional, presentaron mayores beneficios netos, influidos por las mayores ganancias de peso mostrados al final del experimento.

**Cuadro 6**  
BENEFICIO NETO POR ANIMAL SEGÚN TRATAMIENTO

Tratamientos	Yi	PiYi	CVi + CFi	BNi
ACT	0.910	22.75	18.3	4.45
ANG	0.835	20.875	17.88	3.00
ASN	0.692	17.3	17.2	0.1
AN8	0.747	18.675	17.76	0.92

PI : Precio estimado de 1 kg de peso del animal, S/. 25.0.

Yi : Peso vivo del animal

PIYi : Precio x peso vivo del animal

CVi + CFi : Costos variable s y fijos

BNi : Beneficio Neto, en cada tratamiento

## V. Conclusiones

1. La aplicación de nutrientes a través de solución nutritiva al forraje hidropónico de cebada desde la germinación mejora el valor nutritivo y la producción de forraje verde y de proteína bruta.
2. El forraje hidropónico cultivado con solución nutritiva desde la germinación provoca en los cuyes desempeños productivos similares a la alimentación convencional en base a pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) más alfalfa y concentrado.
3. El forraje hidropónico cultivado con solución nutritiva desde la germinación, así como la alimentación convencional, generan mayores beneficios económicos como resultado de la crianza de cuyes en crecimiento y engorde.

## VI. Bibliografía

1. AOAC – American of Analytical Chemistry. 1997. Official Methods of Analysis. V. I y II, 16th ed. AOAC, Washington. p. 9 – 46.
2. CARBALLO, C. 2000. Manual de procedimientos para germinar granos para la alimentación animal. Culiacán, México. [En línea]: (<http://www.zoetecocampo.com/Documentos>. 28 ene. 2012).
3. CHAUCA, L. 1997. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). FAO, Roma. 78 p.
4. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2001. Forraje Verde Hidropónico. Manual Técnico. Santiago, Chile. 70p.
5. FURLANI, P. 2003. Nutrición mineral de plantas en sistemas hidropónicos. Instituto Agronômico de Campinas, (Brasil). Boletín Técnico N° 21. UNA La Molina, Lima.
6. IZQUIERDO, J. 2001. Forraje verde hidropónico. Manual técnico, FAO. Santiago, Chile. 69 p.
7. MÜLLER, L., MANFRON, P., SANTOS, O., PETTER, S., DOURADO, D., MORSELLI, T., LOPES, G. y HEDLUND, A. 2006. Efeito de soluções nutritivas na produção e qualidade nutricional da forragem hidropónica de trigo (*Triticum aestivum L.*). Zootecnia Trop. Brasil. 24 (2): 137-152 p.
8. NRC. National Research Council. 1995. Nutrient Requirements of Laboratory Animals. 4th ed. National Academy Press. Washington. p. 103 – 124.
9. REMIGIO, M., VERGARA, V. y CHAUCA, L. 2006. Evaluación de tres niveles de lisina y aminoácidos azufrados en dietas de crecimiento para cuyes (*Cavia porcellus*) mejorados. In: Reunión Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (29., 2006, Huancayo, Perú). 2006. Resúmenes [en Línea]: INIA, (<http://www.inia.gob.pe/documentos/trabajos2006-.pdf>. 29 ene. 2012).
10. SALAS, L., PRECIADO, P., ESPARZA, J., ÁLVAREZ, V., PALOMO, A., RODRÍGUEZ, N. y MÁRQUEZ, C. 2010. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. Terra Latinoam. México, 28: 355-360.
11. STELL, R. y TORRIE, J. 1995. Bioestadística. Principios y procedimientos. Trad. Ricardo Martínez B. 2da. Ed. Mc Graw Hill, Bogotá. 622 p.
12. TARRILLO, H. 2008. Manual de producción de forraje verde hidropónico 2da. ed. Lima, Perú. 41p.
13. TORRES, A., CHAUCA, L. y VERGARA, V. 2006. Evaluación de dos niveles de energía y proteína en dietas de crecimiento y engorde en cuyes machos. In: Reunión Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (29., 2006, Huancayo, Perú). 2006. Resúmenes [en Línea]: INIA, (<http://www.inia.gob.pe/documentos/trabajos2006-.pdf>. 29 ene. 2012).
14. VARGAS, C. 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. Agronomía Mesoamericana. Mártago, Costa Rica. 19 (2): 233-240.
15. VERGARA, V. 2008. Avances en nutrición y alimentación de cuyes. En: Reunión Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal 31, Simposio Avances sobre producción de cuyes en el Perú (2008, Lima, Perú). 2008. Resúmenes. APPA, CD rom.

## VII. Anexos



Unidad de germinación



Unidad de producción en escala

**Figura 2.** Producción de forraje hidropónico de cebada.



Desarrollo radicular y de follaje



Caída del forraje de 16 a 20 días

**Figura 3.** Producción de forraje hidropónico de cebada.



Identificación de los cuyes



Pesado

**Figura 4.** Evaluación del comportamiento productivo de los cuyes.



Forraje para alimentación



Secado del forraje

**Figura 5.** Uso y análisis de forraje.