

Evaluación de la Calidad Nutritiva de Forraje Verde de Cebada *Hordeum vulgare* Hidropónico, fertilizado con soluciones de guano de Cuy *Cavia porcellus* a dos concentraciones.

Liz Candia¹

ABSTRACT

Aim: To evaluate the nutritional quality of hydroponic green forage of fertilized barley with solutions of guinea pig manure. **Methods:** Manure concentrations were 100 g/L (T1) and 200 g/L (T2) and a commercial solution (T3) which served as control, where the following variables were measured: the percentage of Dry matter (DM), Protein, Neutral Detergent Fiber (NDF) and Acid Detergent Fiber (ADF) and the yield of nutrients (kg/m²). **Results and Conclusions:** Chemical analysis of the solutions of guinea pig manure found 4.14% and 8.09% of Dry Matter and 2.77% and 5.56% of Organic Matter in solutions of guinea pig manure 100 g/L water and 200 g/L water, respectively, so it follows that the concentration of macro elements are adequate for normal growth of plants because there were no symptoms of phytotoxicity or nutritional deficiency. No significant difference was found between the percentages of DM, Protein, NDF and ADF. However, differences were found significantly major ($p < 0.05$) in the production of nutrients in T1 and T2 compared to T3. Similarly, we evaluated forage yield (kg/m²), showing results significantly higher ($p < 0.05$) in T1 and T2 compared to T3. We evaluated the plant size by the length of stem being higher in T2 ($p < 0.05$) and root length was higher in T1 and T2 ($p < 0.05$). We conclude that the solutions of guinea pig manure are an organic alternative of fertilization to hydroponic forage barley because of the quality of nutrients that provides to the plant, the yield which produce on them and the easy availability and accessibility for livestock producers in Cajamarca who decide to use it.

Keywords: guinea pig, hydroponic forage, barley, macronutrients, protein, fiber detergent.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la calidad nutricional del forraje verde hidropónico de cebada fertilizada con soluciones de guano de cuy. **Metodología:** Se usaron concentraciones de guano a 100 g/L (T1) y 200 g/L (T2) y una solución comercial (T3) que sirvió como control, donde se midieron las siguientes variables: los porcentajes de Materia Seca (MS), Proteína, Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Acido (FDA) y el rendimiento de nutrientes (Kg/

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Peruana Cayetano Heredia.

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

m²). **Resultados y Conclusiones:** El análisis químico de las soluciones de guano de cuy encontró 4,14% y 8,09% de Materia Seca y 2,77% y 5,56% de Materia orgánica en soluciones de guano de cuy de 100 g/L agua y 200 g/L agua, respectivamente, por lo que se deduce que las concentraciones de macro elementos eran adecuadas para el crecimiento normal de las plantas debido a que no se presentaron síntomas de deficiencia nutricional ni fitotoxicidad. No se encontró diferencia significativa entre los porcentajes de MS, Proteína, FDN y FDA. Sin embargo, se encontró diferencia significativamente mayor ($p < 0,05$) en la producción de nutrientes en T1 y T2 respecto a T3. De igual forma, se evaluó el rendimiento forrajero (Kg/m²), mostrando resultados significativamente mayores ($p < 0,05$) en T1 y T2 respecto a T3. Se evaluó el tamaño de planta mediante la longitud de tallo siendo mayor en T2 ($p < 0,05$) y la longitud de raíz fue mayor en T1 y T2 ($p < 0,05$). Se concluye que las soluciones de guano de cuy son una alternativa orgánica de fertilización para el forraje hidropónico de cebada debido a la calidad de nutrientes que ofrece a la planta, el rendimiento que producen en ellas y la fácil disponibilidad y accesibilidad para los productores de animales en Cajamarca que decidan utilizarlo.

Palabras claves: cuy, forraje hidropónico, cebada, macronutrientes, proteína, fibra detergente.

INTRODUCCIÓN

La producción de forraje verde hidropónico es una tecnología utilizada para producir biomasa vegetal mediante la utilización de soluciones nutritivas desde la germinación y durante el crecimiento temprano de granos de cereales, tales como cebada, trigo y maíz, que pueden desarrollarse en un tiempo no mayor de 12 a 15 días y servir como forraje. El forraje verde hidropónico es de alta digestibilidad, alto valor nutricional, palatable y apto para la alimentación de animales; además se diferencia de otros alimentos porque el animal consume hojas, parte de las semillas y las raíces (Chávez, 1999; Dulanto, 2001; FAO, 2001). El cultivo hidropónico es una tecnología que se conoce desde épocas antiguas para producir pastos para la alimentación del ganado, independientemente de los factores naturales como sol, lluvia y suelo (Estrada, 2002).

El uso del cultivo hidropónico es ventajoso debido a la limpieza del forraje obtenido, no presenta parásitos, se produce en áreas reducidas y se ahorra agua, fertilizantes, agroquímicos y mano de obra en labores culturales, entre otros. En la actualidad su mayor utilidad se ha encontrado en los países que cuentan con un invierno severo, pero eventualmente podrían adaptarse a las condiciones tropicales (Resh, 2001 y 2004; Estrada, 2002).

Estudios demuestran que la alimentación con cebada germinada representa una alternativa de alimentación complementaria obteniendo una buena conversión alimenticia, mayor ganancia de peso y un costo unitario accesible en la crianza de cuyes (Carrasco,

1994; Dextre, 1997; Mazuelos, 1996; Orihuela, 1995). Asimismo, se recomienda utilizar para la etapa de gestación y lactancia el forraje hidropónico de avena - concentrado por su eficiente respuesta productiva, reproductiva y económica; en tanto que para la etapa de crecimiento y engorde el forraje hidropónico de cebada-concentrado por permitir un mayor índice de costo-beneficio (Casa, 2008).

El forraje verde hidropónico es considerado de muy alta calidad debido a que posee niveles óptimos de energía, vitaminas y minerales. Por su contenido en vitamina E, C y A tiene un marcado efecto en la fertilidad, producción y estado general de ganado lechero (Chávez, 1999). Representa además una alternativa para afrontar las dificultades de alimentación en rumiantes en zonas áridas y semiáridas, como también contribuir en la conversión de sistemas convencionales de producción de ganado al sistema orgánico y elevar la condición nutricional del ganado contribuyendo a una actividad agropecuaria sostenible (FAO, 2001; López et al., 2009).

En la sierra del Perú el forraje es estacional debido a la ausencia de lluvia y la presencia de heladas, siendo esto una limitación importante para que la producción de cuyes sea persistente durante el año. Estas limitantes han determinado la necesidad de buscar alternativas viables para su manejo y utilización por el productor, ya que el forraje hidropónico, ofrece la posibilidad de obtener pastos naturales y frescos todos los días del año, independientemente de la estación climática, para lo cual requiere mínimas áreas de terreno, poca agua y utilización de semillas que abundan en todas las regiones del Perú, tales como la cebada, trigo, arroz, sorgo, maíz, etc. (Dulanto, 2001).

Un aspecto importante en la hidroponía es la solución nutritiva. De ella depende la nutrición de las plantas y por ende, la calidad y cantidad de producción. La solución nutritiva está constituida por el agua de riego y los nutrientes minerales esenciales, los que se añaden a través de sales o fertilizantes comerciales, en cantidades y proporciones adecuadas, de manera que cubran las necesidades de las plantas durante su crecimiento y desarrollo (Rodríguez, 2004). Cualquier solución nutritiva completa contendrá los macronutrientes esenciales para la planta, tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, elementos que la planta requiere en cantidades relativamente elevadas. También deberá contener los micronutrientes esenciales, como hierro, zinc, manganeso, cobre, boro y molibdeno, aportados generalmente a partir de un complejo comercial (Baixauli, 2002). Sin embargo, se ha probado que la producción de forraje verde hidropónico de maíz fertilizado con una solución nutritiva de Té de Compost fue similar en el rendimiento y la calidad nutricional al obtenido con la fertilización comercial, concluyéndose que es factible la utilización del Té de Compost como sustituto de la fertilización química (Salas et al., 2010). También se ha observado que la fuente nutritiva de humus en la producción de tomates fue superior a las fuentes nutritivas de una solución comercial en la producción de frutos y número de frutos (Ponte, 1999).

Según el informe Línea de Base, FONCREAGRO (2008), se encontró que el 89% de las personas encuestadas brindan a sus cuyes forrajes obtenidos de la chacra, lo cual es relativo tanto por la permanencia de la producción de forraje, calidad e inocuidad del mismo, así como la escala de producción de forraje que posibilite el manejo de una crianza de animales menores en una escala suficiente para la alimentación como para la generación de ingresos económicos por la venta de dichos animales. Un 26% de los encuestados manifiestan que el costo de los alimentos para animales (alfalfa por ejemplo) es alto, lo cual se encarece más por precariedad en la vialidad que eleva los costos de transporte.

En Cajamarca las condiciones geográficas y climáticas imposibilitan la producción permanente de forraje para la crianza de animales. Por ello es necesario desarrollar opciones de alimentación de animales de producción con alternativas innovadoras.

El forraje verde hidropónico de cebada es una nueva alternativa de alimentación ya probada, sin

embargo su calidad nutritiva puede ser mejorada con el uso de guano de cuy como solución para su fertilización. Así se puede acceder a una producción de forraje hidropónica mediante el aprovechamiento de las excretas de los cuyes y reciclaje de nutrientes para la producción de soluciones nutritivas que representan una alternativa de fertilización ecológicamente viable en Los Baños del Inca, Cajamarca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Centro Piloto Demostrativo de Huacataz (a cargo de FONCREAGRO) cuya actividad es la crianza tecnificada de cuyes Ecotipo Cajamarquino tipo 1. El Centro Piloto está ubicado en el caserío de Laparpampa, Centro Poblado de Huacataz, del distrito Los Baños del Inca, Cajamarca, situado aproximadamente a 30 Km de la ciudad Cajamarca, con una altitud de 3200 m.s.n.m., temperatura promedio anual de 13.1 °C y una precipitación pluvial de 486.8 mm/año.

Se utilizó como cultivo semillas de cebada forrajera "*Hordeum vulgare*".

El cálculo del tamaño de muestra se determinó utilizando la fórmula de comprobación de una media para poblaciones finitas. Las restricciones utilizadas fueron: nivel de confianza del 95%, desviación estándar para el porcentaje de proteína del tallo obtenido de un muestreo piloto de 0.0626 y error máximo admisible de 5% de la media esperada del contenido de proteína (obtenido de un muestreo piloto = 11.46%). El número de repeticiones por tratamiento fue de cinco.

El estudio es de Tipo Experimental, con un diseño completamente al azar. Los tratamientos se repartieron de la siguiente manera:

TRATAMIENTO 1: Este grupo correspondió al Forraje Verde Hidropónico fertilizado con una solución de guano de cuy a una concentración de 100 g/L de agua.

TRATAMIENTO 2: Este grupo correspondió al Forraje Verde Hidropónico fertilizado con una solución de guano de cuy a una concentración de 200 g/L de agua.

TRATAMIENTO 3: Este grupo correspondió al Forraje Verde Hidropónico fertilizado con la solución comercial (Solución A y B La Molina).

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

El estudio fue en base a la fertilización del forraje verde hidropónico de cebada con guano de cuy a dos diferentes concentraciones. Se realizaron los siguientes procesos:

Proceso de la Producción de Forraje Verde Hidropónico:

- a. Limpieza y desinfección del invernadero y bandejas: Con la finalidad de evitar la aparición y proliferación de hongos, se realizó la limpieza del invernadero y desinfección de las bandejas, para lo cual se utilizó 10 cc de lejía por cada litro de agua (1%).
- b. Selección, lavado y desinfección de semillas: Se inició con el pesado de semillas a razón de 500 gr por bandeja de 0.12 m². Luego fueron colocadas en un depósito con agua, donde flotaron semillas inservibles que posteriormente fueron eliminadas. Después las semillas fueron desinfectadas con lejía a razón de 10 cc de lejía por litro de agua y por último enjuagadas cinco veces. Este proceso buscó eliminar las esporas de hongos y debilitar la cubierta de las semillas.
- c. Reposo y pregerminación de semillas: Se realiza el primer remojo de semillas por 12 horas, luego son oreadas por una hora, seguidamente se realiza el segundo remojo y segundo oreado de semillas; finalmente son llevadas a una cámara de pregerminación con el fin de favorecer el enraizamiento de las semillas. Esto tiene como objetivo activar las semillas y romper el estado de latencia en que se encuentran.
- d. Siembra: Posteriormente se realizó la siembra de las semillas, siendo colocadas y niveladas en las bandejas. La altura de siembra fue de 1 cm. Y se realizó la primera fertilización con las soluciones nutritivas de manera manual. Luego cada bandeja fue tapada con un plástico negro y colocadas en una cámara oscura durante cuatro días. Durante este periodo se produjo el desarrollo de los primeros brotes.
- e. Fertilización: Se realizó dos veces por día, una en la mañana (9:00 am) y otra en la tarde (4:00 pm). Se comenzó el primer día de siembra hasta un día antes de la cosecha.
- f. Germinación, crecimiento y aplicación de solución nutritiva: Después de cuatro días se retiraron las bandejas de la cámara oscura y se colocaron en las baterías de hidroponía, donde se procedió a regar con agua entubada proveniente de un manantial de la zona.
- g. Riego: El riego se realizó diariamente 2 veces por

día durante 2 minutos.

- h. Cosecha de forraje: Se realizó la cosecha 11 días después de la siembra.

El invernadero hidropónico estuvo completamente cerrado para evitar los vientos, lluvias, animales e insectos, y fluctuaciones fuertes de temperatura y humedad.

Proceso de elaboración de soluciones nutritivas

El proceso de elaboración de las soluciones nutritivas de guano de cuy fue el siguiente:

- a. Origen del guano de cuy: El guano de cuy provino de cuyes alimentados diariamente con Rye grass, forraje verde hidropónico y alimento concentrado, criados en el Centro Piloto Demostrativo de Huacataz.
- b. El guano se pesó en una balanza electrónica.
- c. Se diluyó el guano de cuy en agua a dos proporciones, una de 100 gr de guano de cuy en un litro de agua (1:10), y la otra de 200 gr de guano de cuy en un litro de agua (1:5).
- d. La solución se dejó reposar durante 15 horas en un balde.
- e. Luego se procedió a colar la solución utilizando un colador de plástico y pasando después por un paño de gasa doble, depositándolo en un envase de plástico (botellas).
- f. Con esta solución se procedió a regar las semillas de cebada.

El proceso de elaboración de la solución nutritiva mineral fue la siguiente: La solución nutritiva se preparó diluyendo 5 ml de solución A y 2 ml de solución B, siendo mezcladas en 4 litros de agua pura. No se guardó la mezcla por más de un día.

Se colectaron muestras del forraje a los 11 días después de la siembra, donde se determinaron los siguientes datos:

Análisis químico: En una muestra de 100 gr de forraje verde hidropónico, y utilizando el Analizador Diode Array 7200 IR, se determinó Materia seca, Proteína, FDA y FDN en tallo y raíz.

Peso fresco de Forraje Verde Hidropónico (FVH): Después de la cosecha se determinó el peso fresco del forraje en las bandejas fertilizadas con las dos soluciones nutritivas.

Longitud de tallo y raíz: Después de la cosecha, con una regla de 30 cm, se midió por separado la longitud de la parte aérea y de las raíces.

Los datos obtenidos fueron evaluados mediante la prueba de Análisis de Varianza para Diseño Completamente Aleatorizado. La comparación entre las medias de los grupos fue realizada mediante la prueba de Tukey. El procesamiento de datos se realizó con el programa estadístico IBM SPSS 19.

RESULTADOS

Los resultados del análisis químico (materia orgánica y elementos minerales) de las soluciones de guano de cuy se muestran en el cuadro 1.

Los porcentajes de nutrientes tales como Materia Seca, Proteínas, Fibra Detergente Neutro,

y Fibra Detergente Ácido, en tallo no difirieron significativamente entre los tratamientos. Lo mismo ocurrió con los porcentajes de nutrientes en tallo. El detalle de la composición nutricional del forraje para los tres esquemas de tratamiento se presenta en el cuadro 2. Estos resultados difieren a la producción de Materia Seca, Proteína, Fibra Detergente Neutro, y Fibra Detergente Ácido en Kg/m² del tallo y raíz, existiendo una diferencia significativa a favor del tratamiento 1 y 2 ($p < 0,05$), mostrándose una mayor producción de nutrientes en tallo y raíz en estos tratamientos. El detalle se muestra en el cuadro 3.

En el cuadro 4, se observa que el mejor rendimiento (Kg de forraje/m²) se alcanzó en los tratamientos 1 y 2 ($p < 0,05$). La longitud del tallo fue mayor en el tratamiento 2 ($p < 0,05$) y la longitud de raíz fue mayor en el tratamiento 1 y 2 ($p < 0,05$). El detalle se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 1. Análisis químico de las soluciones de guano de cuy

TIPO DE SOLUCIÓN	PARÁMETROS							
	MS	MO	NT	N- NH ₄	N-NO ₃	P	K	B
	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Guano cuy 100 g/L	4,14	2,77	0,22	195,45	9,08	87,19	395,13	95,76
Guano cuy 200 g/L	8,09	5,56	0,43	384,97	16,22	173,74	791,48	193,60

Cuadro 2. Porcentaje de nutrientes del Forraje Verde Hidropónico tratados con diferentes fertil Los Baños del Inca, Cajamarca. 2012.

Parámetros	T1: Guano cuy 100g/L		T2: Guano cuy 200 g/L	
	(n=5)		(n=5)	
	Media	DE	Media	DE
Materia seca tallo	15,04 ^a	0,25	15,04 ^a	0,17
Proteínas tallo	12,71 ^a	0,50	12,69 ^a	0,63
Fibra detergente ácido tallo	24,53 ^a	0,60	24,65 ^a	0,78
Fibra detergente neutro tallo	37,41 ^a	1,87	37,28 ^a	1,42
Materia seca raíz	15,50 ^a	0,23	15,60 ^a	0,10
Proteínas raíz	15,35 ^a	1,06	15,65 ^a	0,41
Fibra detergente ácido raíz	23,92 ^a	1,22	23,23 ^a	1,19
Fibra detergente neutro raíz	34,72 ^a	1,71	33,54 ^a	1,34

^{a,b} Letras diferentes indican que las medias en cada fila son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

Cuadro 3. Producción de nutrientes del Forraje Verde Hidropónico (Kg/m²) tratados con difere Los Baños del Inca, Cajamarca. 2012.

Parámetros	T1: Guano cuy 100g/L		T2: Guano cuy 200 g/L		T
	(n=5)		(n=5)		
	Media	DE	Media	DE	
Materia seca tallo	2,24 ^a	0,19	2,28 ^a	0,16	
Proteínas tallo	1,88 ^a	0,17	1,92 ^a	0,17	
Fibra detergente ácido tallo	3,70 ^a	0,38	3,73 ^a	0,27	
Fibra detergente neutro tallo	5,63 ^a	0,70	5,64 ^a	0,40	
Materia seca raíz	2,31 ^a	0,22	2,36 ^a	0,16	
Proteínas raíz	2,27 ^a	0,31	2,37 ^a	0,17	
Fibra detergente ácido raíz	3,59 ^a	0,26	3,52 ^a	0,36	
Fibra detergente neutro raíz	5,23 ^a	0,45	5,08 ^a	0,38	

^{a,b} Letras diferentes indican que las medias en cada fila son estadísticamente diferentes (p<0.05)

Cuadro 4. Rendimiento y características de crecimiento del Forraje Verde Hidropónico. Los Baños del Inca, Cajamarca. 2012.

Características de crecimiento	T1: Guano cuy 100g/L		T2: Guano cuy 200 g/L		T3:
	(n=5)		(n=5)		
	Media	DE	Media	DE	
Rendimiento (Kg/m ²)	15,0 ^a	1,4	15,1 ^a	1,0	
Longitud de Tallo (cm)	13,2 ^a	0,8	16,8 ^b	1,2	
Longitud de Raíz (cm)	13,5 ^a	1,3	15,1 ^a	1,0	

^{a,b} Letras diferentes indican que las medias en cada fila son estadísticamente diferentes (p<0.05)

DISCUSIÓN

El análisis químico de las soluciones de guano de cuy encontró los siguientes elementos minerales: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Boro, Calcio y Magnesio, en concentraciones adecuadas, lo que se evidenciaría en las características de las plantas. Cuando existen deficiencias de estos elementos se observan en la planta características tales como: clorosis general y secado de hojas inferiores, crecimiento restringido de tallo y raíces (ocasionado por la deficiencia de Nitrógeno y Fósforo), clorosis internervial, y hojas moteadas o cloróticas con manchas de tejido muerto (producido por la deficiencia de Magnesio y Potasio), inhibición del desarrollo de los tallos y necrosis de los extremos de las raíces en hojas jóvenes (producido por la deficiencia de Calcio), síntomas de clorosis,

necrosis, ennegrecimiento y fragilidad (producido por la deficiencia de Boro) (Resh, 2001; Alpizar, 2004). Afectando negativamente la producción forrajera, dado que influye en la calidad y rendimiento forrajero.

El exceso de algún elemento provoca una disminución en la producción y fitotoxicidad (Baixauli, 2002). En el estudio, la aplicación de la solución de guano de cuy no mostró alteraciones evidentes en las plantas, pero si se expresó un efecto positivo en el incremento del rendimiento de las cosechas, proporcionando a los vegetales un desarrollo bajo condiciones adecuadas de nutrición mineral.

Las concentraciones de Proteína obtenidas en los tres tratamientos del estudio fueron superiores a las reportadas por Vargas (2008) en muestras de forraje

hidropónico de maíz, arroz y sorgo. El contenido mínimo de proteína cruda que debe tener un forraje verde hidropónico es de 7%, ya que forrajes con un menor contenido tienen un efecto negativo sobre la ganancia de peso, crecimiento, reproducción, lactancia y el rendimiento de la microbiota ruminal (Maynard *et al.* 1979, Van Soest, 2001). Por ello, la utilización de Forraje Verde Hidropónico de cebada como suplemento proteico puede considerarse como una buena opción para incrementar la productividad. Según López (2007) y Herrera (2010) es importante realizar la cosecha entre los 10 a 11 días después de la siembra dado a que en este momento el forraje verde hidropónico tendrá un mayor nivel de proteína, y por ende un valor nutritivo superior, traduciéndose en mejores rendimientos productivos.

Otro criterio utilizado para determinar la calidad del forraje es la FDN, que representa la parte digestible de los forrajes (Hemicelulosa, celulosa, sílice y lignina) dado que indica la capacidad de consumo del animal y la densidad energética de la dieta. De acuerdo a Van Soest (2001) los forrajes con un contenido de FDN < 40% pueden considerarse de buena calidad mientras que aquellos con FDN > 60%, pueden interferir con la digestión y el consumo. La FDA en los forrajes representa la cantidad de fibra indigestible (celulosa y lignina), que se correlaciona negativamente con la digestibilidad de los alimentos. El NRC (1996) detalla que las raciones para ganado lechero deben contener entre 19% y 27% de acuerdo a la etapa productiva. Se ha reportado que conforme la planta madura, su contenido de FDA aumenta, y la ingestión y digestibilidad se reduce (Maynard *et al.*, 1979; Van Soest, 1978). Por consiguiente, los niveles obtenidos en la composición nutricional del forraje fertilizado con soluciones de guano de cuy muestran valores nutritivos adecuados que podrían favorecer el desempeño productivo del animal, convirtiendo al guano del cuy en una alternativa a los fertilizantes comerciales utilizados en la actualidad.

El trabajo mostró diferencias de la solución orgánica sobre la comercial en relación a la producción de FDA y FDN, así como también en el rendimiento, en contraste a lo encontrado por Muller *et al.* (2006), quienes usando soluciones orgánicas e inorgánicas no observaron diferencias en forraje verde hidropónico de trigo. Asimismo se obtuvo mayor rendimiento forrajero, comparado con la solución comercial, difiriendo con Salas (2010), quien menciona que el Té de Compost presentó resultados similares en rendimiento y calidad nutrimental a los de la solución

comercial.

La longitud de tallo fue mayor en el tratamiento 2, dado que esta solución al contener mayor concentración de nutrientes como el nitrógeno favoreció en la producción de hormonas de crecimiento como las auxinas y síntesis de enzimas como las expansinas, que aumentan la turgencia y la plasticidad de la pared celular generando el alargamiento del tallo, acelerando la velocidad de crecimiento (Campbell, 2007; Taiz, 2010).

En una serie de investigaciones similares se observa que la evaluación de los parámetros porcentuales de nutrientes y el rendimiento en los forrajes se realiza de manera independiente, sin embargo es importante considerar que la calidad nutritiva y el rendimiento deben ir enlazados, ya que permitiría a los productores de animales decidirse por forrajes que aporten mayor calidad y cantidad de nutrientes por m², y por ende aumentar su capacidad de producción.

El uso de guano de cuy para la preparación de soluciones nutritivas representa una alternativa de fácil disponibilidad y accesibilidad para los productores de animales en Cajamarca que deseen implementar un sistema de forraje hidropónico. Asimismo estarán aprovechando el guano de cuy mediante el reciclado de nutrientes para satisfacer la demanda nutricional de los cultivos y facilitar el aumento del rendimiento forrajero y productividad animal, sin necesidad de comprar soluciones comerciales.

CONCLUSIONES

- La aplicación de la solución de guano de cuy a 100 g/L y 200 g/L no causa alteraciones evidentes de deficiencia nutricional o fitotoxicidad, observándose que presentan adecuadas concentraciones de macro elementos esenciales para el desarrollo y crecimiento normal de las plantas.
- Con la utilización de soluciones de guano de cuy de 100 g/L y 200 g/L se obtuvo un mejor rendimiento forrajero y mayor producción de nutrientes (Kg/m²). Asimismo con el uso de la solución de guano de cuy a 200 g/L se obtuvo mayor altura de los tallos.
- La utilización de Forraje Verde Hidropónico de cebada fertilizada con soluciones de guano de cuy podría considerarse una buena opción para incrementar la productividad por ser buen suplemento proteico.

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alpizar L. 2004. Hidroponía cultivo sin tierra, técnica simple. Cartago. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 108p.
2. Baixauli C, Aguilar J. 2002. Cultivo sin suelo de Hortalizas. Aspectos Prácticos y experiencias. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Valencia. 107p.
3. Carrasco I. 1994. Utilización de la cebada (*Hordeum vulgare*) germinada en la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde. Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina. 65p.
4. Campbell N, Reece J, Molles M. Urry L. 2007. Biología. Séptima edición. España. Editorial Médica Panamericana. 1229p.
5. Casa C. 2008. Efecto de la utilización del forraje verde hidropónico de avena, cebada, maíz y trigo en la alimentación de cuyes. Tesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 90p.
6. Chávez C. 1999. Tesis: Uso de forraje hidropónico en la alimentación de vacas lecheras. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 30p.
7. Dextre A. 1997. Evaluación del germinado de cebada (*Hordeum vulgare*) suplementado con mezclas balanceadas simples en empadres, gestación y lactancia en cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 103p.
8. Dulanto M. 2001. Producción de Forraje verde por hidroponía. Curso Producción de cuyes. 21 y 22 Junio. Cajamarca. INIA. 20p.
9. Estrada J. 2002. Pastos y forrajes para el trópico Colombiano. Manizales, Colombia: Editorial Universidad de Caldas. 469p.
10. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2006. Manual técnico de forraje verde hidropónico. Vol. 1. Santiago, Chile. 14p.
11. FONCREAGRO. 2008. Informe de Línea de base del proyecto de Desarrollo Territorial y Seguridad Alimentaria en Los Baños del Inca. Cajamarca.
12. Herrera E, Cerrillo M, Juárez A, Murillo M, Ríos F, Reyes O. 2010. Efecto del tiempo de cosecha sobre el valor proteico y energético del forraje verde hidropónico de trigo. *Interciencia*. 35: 284-289.
13. López B, Ruales J. 2007. Evaluación de edad de cosecha y niveles de forraje verde hidropónico de cebada, maíz y trigo en el crecimiento de conejos de carne (*Oryctolagus cuniculus*) Raza Neozelandes. Tesis. Universidad Técnica del Norte. Ibarra - Ecuador. 127p.
14. López R, Murillo B, Rodríguez G. 2009. El forraje verde hidropónico (FVH): una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia*. 34:121-126
15. Maynard A, Loosli J, Hintz, Warner R. 1976. *Nutrición animal*. 4ª ed. México. Mc. Graw Hill. 629p.
16. Mazuelos V, 1996. Utilización de los germinados de cebada (*Hordeum vulgare*) y de maíz en la alimentación de cuyes hembras de remplazo durante el empadre, gestación y lactación. Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima- Perú. 99p.
17. Muller L, Augusto P, Santos O, Medeiros S, Dourado D, Morselli T. 2006. Efeito de soluções nutritivas na produção e qualidade nutricional da forragem hidropônica de trigo (*Triticuma estivum* L.). *Zootecnia Tropical*. 24: 137-152
18. National Research Council. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. Séptima edición. Washington, D.C. National Academy Press. 242p.
19. Orihuela E. 1995. Utilización de cebada (*Hordeum vulgare*) germinado en la alimentación de cuyes en crecimiento hasta las 12 semanas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú. 100p.
20. Ponte S. 1999. Evaluación del extracto de humus de lombriz y fertilizantes en el manejo hidropónico de dos cultivares de tomate. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 95p.
21. Resh M. 2001. Cultivos hidropónicos. 5ª ed. España: Ediciones Mundi – Prensa. p.491
22. Rodríguez A, Chang M, Hoyos M, Falcón F. 2004. Manual Práctico de Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y nutrición mineral. UNALM. 99 p.
23. Salas L, Preciado P, Esparza J, Álvarez V, Palomo A, Rodríguez N. 2010. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoamericana* 28: 355-360.
24. Taiz L, Zeiger E. 2010. *Plant physiology*. Sinauer Associates Inc. 700p.
25. Van Soest P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. New York. Cornell University Press. 476p.

Recibido:17/06/2014
Aceptado: 10/09/2014