

Efecto de diferentes sustratos sobre la productividad y composición química del forraje hidropónico de cebada

Effectiveness of Biological Examination According to Hymenal Types in Victims Under 18 Years of Age of Sexual Offenses. Medical-Legal Unit, Huancayo – 2025

Mayra Soledad Riveros Mendoza 
Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

Maria del Carmen Duran Mayta 
Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

<https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v6i1.106>
Fecha de publicación: 2026-04-27
Fecha de envío: 2026-02-11

Resumen

La limitada producción forrajera permanente y el escaso uso de sustratos en la región motivaron evaluar el efecto de la paja de cebada, trigo y avena en el forraje verde hidropónico (FVH) de cebada sobre sus parámetros productivos y su composición química. La investigación se realizó en el centro experimental de cuyes de la Escuela Profesional de Zootecnia, en un invernadero con condiciones controladas de humedad y temperatura. Los resultados mostraron efecto significativo ($p < 0,05$) de los sustratos sobre la producción de raíz, hoja y biomasa, destacando el sustrato de cebada con los mayores rendimientos en raíz y biomasa, mientras que la producción de hoja fue similar entre sustratos. No se hallaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en altura de planta ni de raíz. En composición química, se observó efecto significativo ($p < 0,05$) sobre materia seca, materia orgánica e inorgánica, proteína cruda y FDN de la raíz, así como materia orgánica e inorgánica de la hoja, sin efecto significativo en materia seca, proteína cruda ni FDN de la hoja. El testigo (solo agua) presentó mayores valores químicos que los sustratos, salvo en materia orgánica de raíz y materia inorgánica de hoja y raíz. Se concluye que los sustratos influyen selectivamente en el rendimiento y la calidad nutricional del FVH de cebada.

Palabras clave: Hidroponía, maíz, cebada, trigo, avena altura, raíz y tallo.

Abstract

The limited availability of permanent forage and the scarce use of substrates in the region motivated the evaluation of the effects of barley, wheat, and oat straw on hydroponic green barley forage (HGF) regarding its productive parameters and chemical composition. The study was conducted at the guinea pig experimental center of the Professional School of Animal Science under greenhouse conditions with controlled temperature and humidity. The results showed a significant effect ($p < 0.05$) of the substrates on root, shoot, and biomass production, with barley straw producing the highest root and biomass yields, whereas shoot production was similar among substrates. No significant differences ($p > 0.05$) were observed in plant height or root length. Regarding chemical composition, significant effects ($p < 0.05$) were found on root dry matter, organic matter, inorganic matter, crude protein, and neutral detergent fiber (NDF), as well as on shoot organic and inorganic matter. However, no significant effects were detected for shoot dry matter, crude protein, or NDF. The control treatment (water only) exhibited higher chemical composition values than the substrate treatments, except for root organic matter and shoot and root inorganic matter. It is concluded that the substrates selectively influence the productivity and nutritional quality of hydroponic green barley forage.

Keywords: Hydroponics, corn, barley, wheat, oat height, root and stem.

Introducción

La producción pecuaria constituye una actividad estratégica para la seguridad alimentaria y el desarrollo económico de las zonas rurales, debido a su contribución al abastecimiento de alimentos de origen animal y a la generación de ingresos para los productores. No obstante, el desempeño de este sector depende en gran medida de la disponibilidad de recursos forrajeros de alta calidad nutricional. En el Perú, especialmente en las regiones altoandinas, la producción convencional de pastos se encuentra limitada por factores climáticos, la irregularidad de las precipitaciones, la escasez de agua y las condiciones edafoclimáticas propias de estos ecosistemas, lo que ocasiona una oferta insuficiente de alimento para el ganado y repercute negativamente en los índices productivos. Asimismo, considerando que la alimentación representa aproximadamente el 60 % de los costos de producción pecuaria, la implementación de tecnologías que permitan garantizar un suministro permanente de forraje constituye una necesidad para mejorar la rentabilidad y sostenibilidad de los sistemas ganaderos (Castro et al., 1998).

Frente a esta problemática, el forraje verde hidropónico (FVH) se ha consolidado como una alternativa tecnológica innovadora para la

producción intensiva de biomasa vegetal, debido a que permite obtener alimento fresco en periodos cortos, utilizando cantidades reducidas de agua y prescindiendo del uso de suelo agrícola. De acuerdo con la FAO (2001), este sistema se basa en la germinación de semillas con alto poder germinativo bajo condiciones controladas, permitiendo producir forraje durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas. Además de optimizar el uso del recurso hídrico, la producción hidropónica reduce la incidencia de problemas fitosanitarios y favorece un manejo más eficiente de los recursos, convirtiéndose en una alternativa viable para regiones donde la producción forrajera convencional resulta limitada (Guzmán, 2004).

Entre las especies empleadas para la producción de FVH, la cebada (*Hordeum vulgare*) destaca por su elevada capacidad de germinación, rápido crecimiento y adecuado valor nutricional, características que la convierten en una de las principales opciones para la alimentación de bovinos, ovinos, caprinos y otras especies pecuarias (Álvarez, 2012). Asimismo, el forraje obtenido presenta elevados niveles de digestibilidad, proteína y nutrientes esenciales, favoreciendo el crecimiento y el rendimiento productivo de los animales (Tarrillo, 2008; Chumbes y Espinoza, 2005). Estas ventajas adquieren especial importancia en

escenarios donde la disponibilidad de pasturas naturales disminuye considerablemente durante determinadas épocas del año.

Sin embargo, el rendimiento del forraje verde hidropónico no depende únicamente de la calidad de la semilla o del manejo agronómico, sino también de las características del sustrato utilizado durante el proceso de producción. Los sustratos cumplen funciones fundamentales como soporte físico del sistema radicular, regulación de la humedad, aireación y disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de las plántulas (Castellón, 2000; Fauba, 2006). En este contexto, el empleo de residuos agrícolas como paja de cebada, paja de trigo y paja de avena representa una alternativa de bajo costo con potencial para mejorar las condiciones del cultivo y contribuir al aprovechamiento sostenible de subproductos agropecuarios. Rodríguez et al. (2009) señalaron que el uso de medios de soporte adecuados incrementa significativamente la productividad del forraje hidropónico; no obstante, aún existe limitada evidencia científica sobre el efecto comparativo de estos sustratos orgánicos en el crecimiento y la calidad nutricional del forraje verde hidropónico de cebada, particularmente bajo las condiciones ambientales de las zonas altoandinas del Perú.

Además del rendimiento en biomasa, la evaluación de la composición química constituye un aspecto indispensable para determinar la calidad del forraje producido. Parámetros como materia seca, materia orgánica, materia inorgánica, proteína cruda y fibra detergente neutra permiten establecer el valor nutricional del alimento y estimar su potencial para mejorar la alimentación animal (Farré y Frasset, 2001; INIA, 2017). En consecuencia, la evaluación conjunta de los parámetros productivos y bromatológicos proporciona información científica relevante para seleccionar tecnologías que incrementen la eficiencia de los sistemas pecuarios y favorezcan una producción más sostenible.

En este contexto, la presente investigación se realizó debido a la necesidad de generar evidencia científica que permita optimizar la producción de forraje verde hidropónico mediante el empleo de sustratos

orgánicos disponibles en el ámbito agrícola, como alternativa para mejorar la disponibilidad y calidad del alimento destinado al ganado en las zonas altoandinas. Por ello, el estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de los sustratos de paja de cebada, paja de trigo y paja de avena sobre los parámetros productivos y la composición química del forraje verde hidropónico de cebada, con la finalidad de identificar el material de soporte que contribuya a incrementar la productividad del cultivo y mejorar su valor nutricional, proporcionando información técnica que fortalezca el desarrollo de sistemas de alimentación animal más eficientes y sostenibles.

Metodología

El trabajo se realizó en un invernáculo ubicado en el barrio de Yananaco en la ciudad Huancavelica, Perú, altitud de 3778 msnm, temperatura media anual (6.5°C), con una precipitación anual (420 mm). Para el estudio se utilizaron 4 tratamientos que representan 3 sustratos (paja de avena, paja de cebada y paja de trigo) y 1 (sin sustrato), donde se distribuyeron 460 g de semillas de cebada germinadas (variedad UNA-80) por bandejas (36cm x 51cm x 2.54cm) con 6 repeticiones por cada tratamiento. En cada bandeja de adición 300 g de sustrato con un tamaño de partícula de 1 mm. El hidroforraje de cebada fue cosechado a los 18 días y se midió la altura de planta y rendimiento de biomasa en verde y el resto fueron remitidas al laboratorio de nutrición animal y evaluación de alimentos para el análisis de materia seca (MS) y materia mineral (MM) según AOAC (1990).

Resultados

Se observó que los sustratos en el hidroforraje de cebada mostraron efectos significativos ($P < 0,0001$) frente al tratamiento sin sustrato en todos los parámetros productivos. Respecto a altura de planta (cm) el hidroforraje de cebada con sustrato de paja de trigo mostró 15,4 cm frente a 11,9 cm del sin sustrato. Respecto al rendimiento de biomasa en verde en el sustrato de paja de cebada los valores (22,7 kg/m²) fueron superiores frente a los demás

sustratos y al testigo (7,4 kg/m²). Asimismo, el rendimiento de materia seca no difiere dentro de los sustratos en el hidroforraje de cebada, pero presentan una superioridad frente al sin sustrato (Tabla 1). Además, en el porcentaje de materia mineral, el sustrato de paja de trigo obtuvo un valor mayor respecto al sustrato de paja de cebada, paja de avena y una diferencia de 4,1% frente al sin sustrato. Estos valores que se obtuvieron en los diferentes parámetros productivos y materia mineral se deben a la utilización de los diferentes sustratos que permitieron un mayor incremento en el

hidroforraje de cebada respecto al sin sustrato. Existen reportes por Carhuapoma et al. (2014), quienes utilizaron el hidroforraje de cebada sin sustrato cosechados a los 18 días obteniendo valores inferiores al rendimiento de biomasa en verde de 6,2 kg/m² frente a 7,4 kg/m² en el presente estudio, esta diferencia se podría deberse a la variedad de cebada usada. Mayta (2016), atribuye que el sustrato de paja de avena en el cultivo hidropónico de maíz incrementa los parámetros productivos y la composición química, permitiendo así su utilización en los hidroforrajes.

Tabla 1

Efecto de sustratos sobre la altura de la planta (cm), rendimiento de biomasa en verde (kg/m²), rendimiento de materia seca (kg/m²) y porcentaje de materia mineral (%) en el hidroforraje de cebada.

Parámetros productivos	Sin Sustrato	Sustratos			CV (%)	Probabilidad
		Paja de avena	Paja de cebada	Paja de trigo		
Altura de planta (cm)	11,9 B	14,9 A	14,7 A	15,4 A	5,22	<0,0001
Biomasa en verde (kg/m ²)	7,4 C	20,2 B	22,7 A	20,3 B	5,39	<0,0001
Rendimiento de materia seca (kg/m ²)	1,1 B	2,5 A	2,4 A	2,3 A	8,47	<0,0001
Porcentaje de materia mineral (%)	5,1 D	6,7 C	8,3 B	9,2 A	6,48	<0,0001

CV (%): Coeficiente de variación. Letras mayúsculas diferentes dentro de filas indican diferencias estadísticas (P<0,05)

Planteamiento de hipótesis

Ha: Existe efecto de los sustratos en el forraje hidropónico de cebada respecto a sus parámetros productivos y su composición química.

Ho: No existe efecto de los sustratos en el forraje hidropónico de cebada respecto a sus parámetros productivos y su composición química.

Estadístico de prueba y nivel de significación

El estadístico de prueba p valor, donde el nivel de significación (α) se asumió 0,05 ($\alpha = 0,05$).

Establecimiento de región de rechazo y no rechazo de la hipótesis nula.

- Si p valor > 0.05 no hay diferencias, no se rechaza la hipótesis nula

- Si p valor $\leq$ 0.05 hay diferencias, se rechaza la hipótesis nula.

Toma de decisiones

Como p valor es menor que p valor establecido lo que indica que si hay diferencias significativas para los tratamientos rechazando la hipótesis nula lo que indica que si existe efecto de los sustratos sobre la composición química y parámetros productivos.

Conclusiones

El sustrato de paja de cebada destacó al presentar un mayor valor en altura de planta y rendimiento de biomasa en verde. Por otro lado, la utilización del sustrato de paja de trigo incremento concentraciones de porcentaje de materia mineral en el hidroforraje de cebada.

Recomendaciones

Se recomienda no descartar los sustratos de paja tras la cosecha.

Se recomienda adoptar la paja de cebada como sustrato en la producción de forraje verde hidropónico, debido a su efecto favorable sobre la producción de biomasa.

Se sugiere evaluar el aprovechamiento del sustrato residual posterior a la cosecha, considerando su potencial como componente de la alimentación animal o como insumo para sistemas de producción sostenibles.

Se recomienda realizar estudios complementarios de digestibilidad in vivo y de respuesta productiva en animales para validar el valor nutricional del forraje obtenido con diferentes sustratos.

Se recomienda investigar el efecto de factores ambientales, como la intensidad lumínica y el fotoperiodo, sobre el desarrollo y la calidad nutricional del forraje verde hidropónico.

Se sugiere estandarizar el proceso de secado y molienda (60 °C durante 48 h) para facilitar la conservación y el almacenamiento del forraje, preservando su calidad nutricional.

Referencias bibliográficas

- Alvarez, F. (2012). Produccion de forraje verde hidropónico: una alternativa para alimentacion de animales en periodos de carencia de pastos. Ed. P Forsyth. S.L. PE. Servicios generales.
- A.O.A.C. (1990). Official Methods of Analysis. Décima Edición. Washington: Association of Official Agricultural Chemists.
- A.O.A.C. (1995). Official Methods of Analysis. Décima Edición. Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- Barreto, E. (2010). Nutricion y alimentacion animal. Bogota.
- Bondi, A. (1988). Nutricion Animal. 41a edicion . Editorial Acriba Zagaroza - España.
- Cahiers, O.M. (1999). Cultivos Hidroponicos. Obtenido de: <http://tecnociencia.es.especiales/cultivoshidroponicos/88>
- Calles, D. (2005). Evaluacion de la produccion y calidad de forraje verde hidropónico (F.V.H) de cebada con la utilizacion de diferentes niveles azufre y su respuesta en ganado lechero. Escuela Superior Polotecnica de Chimborazo. Ecuador.
- Canseco, C., Demanet, R., Balocchi, O., & Lopetegui, J. (2006). Determinación de la disponibilidad de materia seca de praderas en pastoreo. ResearchGate. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/281041644_Determinacion_de_la_disponibilidad_de_materia_seca_de_praderas_en_pastoreo
- Capistan, F., Aranda, D., & Romero, J. C. (2004). Manual de reciclaje, compostaje y Lombricompostaje. Instituto de ecologia, A.C. Xalapa, Mexico.
- Carhuapoma, W., Curi, G., Chavez, E., & Contreras, J. L. (2014). Produccion de Forraje Verde Hidropónico de Cebada (*Hordeum vulgare*) usando efluente de piscigranja de truchas Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingenieria. Ciudad Universitaria de Paturpampa, Huancavelica, Peru: Laboratorio de Biotecnologia Molecular - Facultad de Ciencias de Ingenieria UNH.
- Casa, C. (2008). Produccion y Manejo de Pastos y Forrajes. Lima - Peru: Ed. Universidad Nacional de Educacion Enrique Guzman y Valle.
- Castellon, M. M. (2000). Evaluacion de siete sustratos y aplicacion de un retardador de crecimiento para el desarrollo de *Euphorbia pulcherrima*. Escuela militar de ingenieria. Mcal. Antonio Jose de Sucre, La Paz.
- Castro, O., Rea, H., & Mora, T. (1998). Evaluacion de cuatro forrajes hidropónicos en la alimentacion de cuyes (*Cavia porcellus* Ls), durante la fase de crecimiento y engorde en el criadero "El Mirador" barrio Langos San

- Alfonso del canton Guano, provincia de Chimborazo. Chimborazo: Facultad de Ciencias Agrarias.
- Cerrillo, M., Juarez, S., Rivera, A., Guerrero, M., & Ramirez, L. (2012). Produccion de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. Caracas, Venezuela: Asociacion Interciencia.
- Chacon, P. (2008). Estimacion del aprovechamiento en ganado caprino del Pennisetum purpureumcv. King grass cosechado a tres diferentes edades de rebrote. Tesis de licenciatura en Ingenieria Agronomica con enfasis en Zootecnia, Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica.
- Chumbes, F., & Espinoza, G. (2005). Forraje verde hidropónico para cuyes de exportacion . Junin - Peru.
- Church, D. C. (2009). Fundamentos de nutricion y alimentacion de animales, 2ed. Mexico: Limusa.
- Coaquira, G. (2018). Evaluacion de soluciones nutritivas y tiempos de cosecha en cebada forrajera cv. Naconal (*Hordeum vulgare* L.) producida como forraje verde hidropónico, en la region Arequipa. Universidad Catolica Santa Maria, Facultad de Ciencias e Ingenierias Biologicas y Quimicas., Arequipa - Peru.
- Contreras, J., Cordero, A., Castro, P., & Ccencho, E. (2008). Influencia de dos soluciones nutritivas en la composicion quimica y produccion de la cebada hidroponica. Quintaesencia, p. 63-67.
- Espiritu, R. Z., & Herrera, E. (2012). Crianza de cuy (*Cavia pocellus* L.) manejo tecnificado. Lima: PE s.e.
- FAO. (2001). Forraje Verda Hidropónico. Manual Tecnico. Oficina Regionalde la FAO para America Latina y El Caribe. Santiago, Chile.
- FAO. (2002). Forraje Verde Hidropónico, Manual Tecnico. Oficina regional para america latina y el caribe, Santiago, Chile.
- Farre, R., & Fransquet, L. (2001). Nutricion animal en carnes y embutidos. Madrid: Sociedad española de nutricion.
- Faub. (2006). La huerta urbana. sustrato para macetas. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomia, Buenos Aires. Obtenido de <http://www.huertaurbana.org>
- Fidias, G. (2012). El Proyecto de Investigacion: Introducion a la metodologia cientifica. Caracas: Editorial Episteme C.A.
- Fuller, M. F. (2004). The enciclopedia offarm animal nutrition. Zagaroza: Editorial Acribia, S.A.
- Gaggiotti, M., Romero, L., Bruno, O., Comeron, E., & Quaino, O. (1996). Valor nutritivo de la alfalfa. Obtenido de <http://www.pasturasyforrajes.com/alfalfa/calidad-del-forraje-de-alfalfa/valor-nutritivo-de-la-alfalfa>
- Gonzales, J., Parra, R., & Combellas, J. (2004). Composicion de valor nutritivo de los forrajes producidos en el tropico. Instituto de produccion animal, Facultad de agronomia.
- Guimaraes, J. E., Crisostomo, J., Da Silva, A., De Carvalho, J. F., Coutinho, G., De Olivera, M. E., De Moraes, L. (2007). Forraje hidropónico de maíz producido con diferentes sustratos. Revista Brasileña de Zootecnia, p. 276 - 281.
- Guzman, G. (2004). Hidroponia en casa: Una actividad Familiar. Ed. O. Castillo. CR. s.e., p. 25.
- Herrera, E., Cerrillo, M., Juarez, A., Murillo, M., Rios, F., Reyes, O., & Bernal, H. (2010). Efecto del tiempo de cosecha sobre el valor proteico y energético del forraje verde hidropónico de trigo. Venezuela.
- Hidalgo, L. R. (1985). Produccion de forraje en condiciones de hidroponia. Evaluaciones Preliminares en Avena y Triticale. Universidad de Concepcion, Chillan, Chile.
- INIA. (2017). Sistema Ganadero intensiva: Algunos conceptos sobre calidad de forrajes. Uruguay:

- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.
- Jimenez, J. (2013). Producción de forraje verde hidropónico de trigo y cebada en diferentes épocas de cosecha en la quinta experimental Punzara. Universidad Nacional de Loja. Ecuador, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables.
- Lagares, P., & Puerto, J. (2001). Población y muestra: técnicas de muestreo. Europa management.
- Lozano, H. (2011). Como desarrollar El proyecto de investigación en carreras de ingeniería. Primera edición.
- Mayta, E. C. (2016). Estudio del efecto de tres sustratos en el rendimiento y calidad de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en carpa solar. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/10527>
- Melendez, P. (2015). Las bases para entender un análisis nutricional de alimentos y su nomenclatura. Santiago de Chile.
- Plaza, C. B. (2002). Efecto de seis sustratos y dos métodos de trasplante, en la adaptación de vótoplantas de frutilla (*Fragaria x Annanassa* Duch. c.v. fren). Tesis de grado, Escuela Militar de Ingeniería. Mcal. Antonio José de Sucre, La Paz, Bolivia.
- Rodríguez R, G. S., Hernández, D. L., Flores, S., Irma, C., Escobedo C, H., Quintero R, A., . . . Rodríguez R, S. M. (2009). Cascarilla de Avena y paja de trigo utilizados como sustrato para la producción de forraje verde hidropónico. *Revista Creatividad y Desarrollo Tecnológico*. Vol. III, pp. 160-165. Obtenido de http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v3n3/data/Forraje_verde_hidropnico_a_partir_de_semilla_de_trigo.pdf
- Rodríguez, A. (2000). Manual práctico de hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y nutrición Mineral. Lima - Perú.
- Sanchez, A. (2000). Una experiencia de forraje verde hidropónico en el Uruguay. *Boletín Informativo* No. 7.
- Sanchez, C. (2004). Hidroponía paso a paso cultivo sin tierra. Granja y negocios. Lima - Perú: Ediciones Ripalme.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal*. Volumen II. Universitat Jaume 3ra Edición.
- Tarrillo, H. (2008). *Forraje Verde Hidropónico: Manual de producción*. Lima: Editorial Forraje Hidropónico E.I.R.L.