



## Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos

### Hydroponic foods: an alternative for the feeding of domestic animals

Núñez-Torres Oscar Patricio\*<sup>ID</sup>, Guerrero-López Jorge Ricardo



#### Datos del Artículo

Universidad Técnica de Ambato.  
Facultad de Ciencias Agropecuarias.  
Cantón Cevallos, Tungurahua - Ecuador.  
Casilla postal: 18-01-334.  
Telf: (593) 032746151 – 032746171.

**\*Dirección de contacto:**  
Universidad Técnica de Ambato.  
Facultad de Ciencias Agropecuarias.  
Cantón Cevallos, Tungurahua - Ecuador.  
Casilla postal: 18-01-334.  
Telf: (593) 032746151 – 032746171.

Oscar Patricio Núñez-Torres  
E-mail address: [op.nunez@uta.edu.ec](mailto:op.nunez@uta.edu.ec)

#### Palabras clave:

Agua,  
biomasa vegetal,  
nutrientes,  
técnicas.

*J. Selva Andina Anim. Sci.*  
**2021; 8(1):44-52.**

ID del artículo: [088/JSAAS/2020](https://doi.org/10.26434/chemrxiv-2021-088)

#### Historial del artículo.

Recibido noviembre 2020.  
Devuelto enero 2021.  
Aceptado febrero 2021.  
Disponible en línea, abril 2021.

**Editado por:**  
**Selva Andina  
Research Society**

#### Keywords:

Water,  
plant biomass,  
nutrients,  
techniques.

#### Resumen

En la actualidad en tiempos críticos de confinamiento la hidroponía es una alternativa viable que permite la producción de biomasa vegetal derivada a partir del desarrollo inicial de las plantas en las etapas de germinación y crecimiento anticipado de plántulas a partir de semillas factibles, es la siembra de cultivo sin suelo, este método facilita el desarrollo productivo, sostenible y ecológico de las plantas. Los cultivos hidropónicos se desarrollan en un medio o sistema de cultivo alimentados por solución nutritiva que ofrece el alimento preciso para todo el período de crecimiento de los forrajes, libre de pesticidas y fungicidas con esto conseguimos alimentos saludables para la alimentación de animales domésticos. Además, permite utilizar estructuras simples o complejas para la producción de forrajes aprovechando espacios o áreas como terrazas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos tecnificados o tradicionales. A partir de esta idea se desplegaron técnicas que se apuntalan a utilizar sustratos, o métodos con aportes de soluciones de nutrientes, tomando en cuenta siempre las necesidades de la planta como la temperatura, humedad, agua y nutrientes. Fundados en la práctica, los beneficios por unidad de área sembrada son altos debido a una mayor consistencia, productividad, inocuidad y eficacia en el uso de los recursos agua, luz y nutrientes, además es económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores rurales de animales domésticos.

2021. *Journal of the Selva Andina Animal Science*®. Bolivia. Todos los derechos reservados.

#### Abstract

Currently, in critical times of confinement, hydroponics is a viable alternative that allows the production of plant biomass derived from the initial development of plants in the stages of germination and early growth of seedlings from feasible seeds, it is the sowing of soilless cultivation, this method facilitates the productive, sustainable, and ecological development of plants. Hydroponic crops are developed in a medium or culture system fed by a nutrient solution that offers the precise food for the entire period of growth of the forages, free of pesticides and fungicides with this we get healthy food for the feeding of domestic animals. In addition, it allows the use of simple or complex structures to produce fodder, taking advantage of spaces or areas such as terraces, infertile soils, rugged terrain, technical or traditional greenhouses. Based on this idea, techniques were deployed that are supported by using substrates, or methods with contributions of nutrient solutions, always considering the needs of the plant such as temperature, humidity, water, and nutrients. Based on practice, the benefits per unit of planted area are high due to greater consistency, productivity, safety, and efficiency in the use of water, light and nutrients, and it is also economically viable that deserves to be considered by small and medium-sized companies. rural producers of domestic animals.

2021. *Journal of the Selva Andina Animal Science*®. Bolivia. All rights reserved.



## Introducción

En nuestro país, el abastecimiento de alimentos durante la época de sequía es un gran inconveniente, por ello se emplean métodos de producción de forraje verde hidropónico (FVH), un forraje de alta calidad. Además, no requiere una tecnología de producción compleja, solo se requieren de 10 a 15 días para producir hasta 4 kg de alimentos frescos sembrando 1 kg de semilla, sin gastar una gran cantidad de dinero, alimento que se puede producir en cualquier época del año, por el consumo mínimo de agua. La alimentación para animales domésticos, principalmente en periodos donde la producción de forrajes es insuficiente<sup>1</sup>. Esta tecnología juega un papel muy importante en el desarrollo agrícola global, pues en este momento, se reconoce más de 40000 ha de invernaderos bajo sistemas hidropónicos en todo el mundo, extendiéndose cada vez más<sup>1</sup>. En un estudio se proporcionó FVH de *Avena sativa*, las dietas fueron: heno de campo natural (CN) 100 % (D<sub>0</sub>) y heno de CN + 1.2 Kg FVH/cabra/día (D<sub>1</sub>). El heno de CN fue suministrado ad-libitum. Se efectuaron dos experimentos, determinación de consumo de materia seca total (CTMS), consumo de heno (CH), consumo de FVH y digestibilidad total aparente in vivo de la materia seca consumida (MSC)<sup>2</sup>.

Para remediar este inconveniente, la técnica de producción de FVH representa un método alternativo poco convencional, muy significativo para utilizar en una pequeña superficie de terreno, para obtener forrajes de buena calidad nutricional durante todo el año<sup>3-5</sup>, la producción de FVH de avena, la densidad de siembra óptima de 5.0 - 6.4 kg/m<sup>2</sup>. Por otro lado, se ha integrado en diferentes sistemas de producción animal para reemplazar de esta manera en forma parcial o total ciertos componentes de la dieta<sup>6</sup>, siendo este último importante, pues abarca los cos

tos de alimentación para conejos a base de concentrados comerciales (CC) resulta elevada<sup>7</sup>.

El FVH es resultado de la germinación de granos de cereales como avena, cebada, maíz, arroz, trigo y/o sorgo, estando listos para la cosecha en periodos comprendidos entre los 9 a 15 días posteriores a la siembra. La solución de nutrientes minerales permite incrementar la producción de biomasa por m<sup>2</sup>, mejorar la calidad nutricional y optimizar el tiempo de la cosecha del forraje. Se lo define al FVH, como la obtención de biomasa forrajera en ciclos cortos a la cosecha<sup>8,9</sup> y el forraje verde geopónico (FVG) son alternativas de cultivo para la alimentación del ganado, porque constituyen un forraje verde de calidad, libre de malezas, plagas y enfermedades<sup>10,11</sup>, además inocuo, de alta palatabilidad<sup>10,12,13</sup>. El FVH es apto para la alimentación de ganado, sobre todo durante épocas de escasez<sup>10</sup>, lo que permite el rendimiento por el peso consumido, en la asimilación del alimento. Existen diferentes características de producción de FVH, la técnica básica es la germinación de semillas de grano en condiciones de siembra alta para obtener 20 a 30 cm de forraje en 8 a 12 días<sup>9,11,14</sup>, este es regado con agua beneficiada con los nutrientes minerales esenciales, llamada solución nutritiva<sup>12,15-18</sup>, en situaciones protegidas intervienen algunas variables ambientales como la luz, temperatura y humedad<sup>19</sup>.

Por lo tanto, es transcendental desarrollar métodos alternativos de producción de forrajes, orientados al ahorro de agua, alta producción por m<sup>2</sup>, calidad de nutrientes, flexibilidad de transferencia y mínimo impacto negativo en el medio ambiente<sup>20,21</sup>. Por otro lado, se observó el efecto de las asociaciones arveja-cebada y arveja-trigo en seis proporciones de cultivos hidropónicos sobre el porcentaje de materia seca (MS), materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC),

y altura de planta, así como en la producción de forraje verde, MS, MO y PC<sup>13</sup>.

Para valorar la producción de FVH de avena, su costo y su influencia en el mejoramiento de la ganancia de peso, estudios con 21 animales machos de raza neozelandés con un peso promedio de 1179 g, de 8 semanas de edad conformados por tres tratamientos T<sub>1</sub> (FVH de avena sin solución nutritiva), T<sub>2</sub> (FVH de avena con solución nutritiva y T<sub>0</sub> (avena de corte), cada tratamiento consto de 7 repeticiones, la unidad experimental fue de un animal en estudio. El FVH de avena fue elaborado dentro de un invernadero de 18 m<sup>2</sup> cubierto internamente con tela de sombra negra al 65 % y realizando una serie de procedimientos como: selección, lavado, pre-germinación, germinación, siembra de la semilla en las bandejas de plástico, riego de la siembra con solución nutritiva y agua, para finalizar con la cosecha realizando al día 12 para ser consumido por los conejos<sup>22</sup>. El objetivo de la revisión bibliográfica fue la recopilación de estudios realizados sobre la alternativa de la utilización de FVH en la alimentación de animales domésticos en zonas rurales.

## Desarrollo

Para la producción de FVH se ha utilizado diferentes especies forrajeras, entre ellas gramíneas y leguminosas. Diversos estudios evaluaron la calidad del FVH en maíz *Zea mays* L.<sup>23</sup>, sorgo *Sorghum bi-color* L.<sup>24</sup>, cebada *Hordeum vulgare* L.<sup>10</sup>, trigo *Triticum aestivum* L.<sup>13</sup>, arroz *Oriza sativa* L.<sup>18</sup>, y en mezclas de cereales y leguminosas<sup>13</sup>. Sin embargo, solo un número mínimo estudió la calidad del FVH en respuesta a la aplicación de soluciones nutritivas, por ejemplo: en maíz<sup>25</sup>, trigo<sup>18</sup>, cebada<sup>10</sup> y sorgo<sup>24</sup>.

La producción intensiva de FVH en un entorno protegido no es susceptible al cambio climático, permite

una programación eficaz del uso del agua y una producción frecuente durante todo el año<sup>26</sup>, además una disminución de los fertilizantes, agroquímicos y mano de obra<sup>27</sup>, En varios estudios se utilizó un control absoluto de agua no nutritiva, en otras investigaciones se valoraron indicadores microbiológicos alcanzando valores similares a otros indicadores en la aplicación de solución nutritiva en riego<sup>23</sup>, lo cual genera incertidumbre respecto a la necesidad de usar nutrición mineral en la producción de FVH.

Para establecer el rendimiento, composición química, valor nutricional del cultivo de avena forrajera, bajo situaciones del altiplano de Puno, las muestras fueron analizadas para determinar la composición química del forraje mediante el método de análisis de Weende, así como la determinación de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) mediante el método de Van Soest, con estos resultados fueron calculados los valores nutricionales de materia seca digestible (MSD), el consumo de materia seca (CMS), el valor relativo del forraje (VRF) y la energía neta de lactancia (ENL)<sup>28</sup>.

Estudios realizados para la valoración de la producción de FVH en las variedades de maíz Morocho Blanco y Amarillo, sometidas a diferentes niveles de silicio bajo condiciones de invernadero ubicado en la granja experimental Botana de la Universidad de Nariño a 1°9'29.86" LN, 77°16'33.85" LO, 2780 msnm. Se utilizó un experimento factorial de 2x3, donde un factor correspondió las variedades de maíz y el otro a los niveles de silicio aplicados a la solución nutritiva (0, 0.025 y 0.5 mL/L) para un total de seis tratamientos y tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron altura de plantas y rendimiento de forraje verde<sup>24</sup>.

*Ventajas del cultivo hidropónico.* El cultivo hidropónico se asocia generalmente con extensiones de grandes invernaderos para el cultivo de plantas y el empleo de la más compleja tecnología, sin embargo,

los orígenes de la hidroponía fueron simples. El adelanto tecnológico en cultivos hidropónicos radica en el empleo mínimo de espacio, bajo consumo de agua y máxima producción y calidad. La aplicación de nutrientes en soluciones de alta y baja concentración a través del riego no afectará al beneficio fresco ni la calidad bacteriológica del forraje de maíz hidropónico verde. Estas raíces son subsiguientemente sustituidas por un sistema radical permanente que emerge de los nudos del tallo. El sistema radicular está combinado por raíces laterales, la aparición de raíces altamente diferenciadas (llamadas pelos absorbentes) aumenta considerablemente la superficie de absorción<sup>29</sup>.

*La eficiencia en el tiempo de producción.* La producción de FVH tiene un ciclo de 12 a 20 días, dependiendo de las situaciones de temperatura, luminosidad, humedad, entre otros. Calidad del forraje: cosechado a los 12 días y con unos 20 a 30 cm de altura, el FVH es rico en vitaminas A y E, contiene carotenoides, además, significativas cantidades de hierro, calcio, fósforo, su digestibilidad es alta debido a baja presencia de lignina y celulosa. *Inocuidad:* con el FVH los animales no comen malezas, pastos maltratados o con restos orgánicos de animales, de esta forma el metabolismo y absorción del alimento es óptima<sup>21</sup>. Otro razonamiento usualmente utilizado para determinar la calidad del forraje es la digestibilidad. El contenido de FDA es una cuantificación de la fracción indigerible. En el FVH la FDA, depende del tiempo de cosecha arrojando valores menores en la etapa inicial y valores mayores en la etapa final. El requerimiento de fibra por el ganado es un factor significativo en varios procesos fisiológicos. La FDA es el mejor indicador de los requerimientos de fibra para una fermentación saludable en el rumen<sup>18</sup>.

El forraje hidropónico se obtiene a partir de la germinación de semillas o granos; por su alto contenido en

proteínas, puede utilizarse como complemento nutricional para diferentes especies animales<sup>13</sup>, un cálculo en la relación fibra soluble/fibra insoluble, alta digestibilidad de la MS, y contribución de energía<sup>30</sup>. La obtención intensiva de FVH en ambientes resguardados es menos sensible a variaciones del clima, permite una producción programada y periódica durante todo el año, con un uso eficiente del agua<sup>26</sup>, disminución de los fertilizantes, agroquímicos, mano de obra<sup>27</sup>.

*Suministro en animales como alimento.* Los ensayos realizados se asientan en el uso del desarrollo agrícola, ganadería, debido a que las cosechas agrícolas se emplean para complementar la alimentación animal, se utilizan métodos electivos comunes, como el FVH de maíz, se utiliza una mínima cantidad de alimento debido al desconocimiento en nuestra zona, pero es generosamente examinado internacionalmente debido a su fácil manejo y alto contenido de nutrientes<sup>31</sup>.

Se evaluó el desempeño productivo del forraje hidropónico de maíz verde utilizado en el sistema de producción ganadera. Utilizando un diseño completamente al azar y una disposición de dos factores, nueve tratamientos se evaluaron repetidamente cuatro veces. Variables de medición: altura de la planta, beneficio de alimento verde hidropónico, MS y proteína bruta (%)<sup>32</sup>. La aplicación de nutrientes minerales a través de la solución no afectará el rendimiento de forraje fresco ni los indicadores microbianos, y muestra el potencial del uso de piensos de maíz hidropónico verde como fuente de alimento en la cría, manejo y producción de animales<sup>12</sup>. Utilizando la técnica de producción de FVH se puede cosechar anualmente 15-25 t de MS<sup>20</sup>. Comparando con otro estudio, manifiestan que el beneficio es semejante al de alfalfa, sorgo o maíz, pero el área es menor, solo 100 veces, y no demandan de pesticidas. Para obtener

de 1 a 8 kg de MS de alimento para el ganado utilizando especies forrajeras mediante métodos convencionales se emplea 1 m<sup>3</sup> de agua de riego, mientras que utilizando este mismo volumen de agua en la producción de FVH se obtienen alrededor de 100 kg de MS de forraje de buena calidad nutricional para suministrar en diversos tipos de ganado<sup>1</sup>.

## Discusión

En estudios realizados se evaluó, el beneficio promedio de la cebada que fue de 32.8 kg/m<sup>2</sup> y una altura de 21.7 cm a una densidad de 3.5 kg/m<sup>2</sup>, en un periodo de ocho días<sup>8</sup>, ensayo que se verificó en invernaderos en la Universidad Autónoma de Chapingo-México. Al unir diferentes niveles de azufre (hasta 4 ppm/m<sup>2</sup>) como aditivo en la producción del FVH de cebada, se determinó una biomasa de 34.9±0.5 kg/m<sup>2</sup> y altura de tallo de 14.61±1.38 cm, se valoró la digestibilidad aparente de fibra cruda y extracto etéreo en cuyes, estableciendo que fueron significativamente influenciados por los niveles de azufre<sup>10</sup>. Por otro lado, se experimentaron los efectos de diferentes asociaciones entre guisantes y cebada y trigo, se concluyó que los porcentajes de MS y rendimiento de forraje verde en estas asociaciones fueron estadísticamente similares. Los porcentajes de materia orgánica y PC (22.37 %) fueron afectados por la asociación y por el nivel de proporción leguminosa/gramínea, que no afectó la altura de planta del cultivo hidropónico<sup>13</sup>. Del mismo modo los factores importantes para la producción de FVH incluyen el genotipo y el momento de la cosecha, además de establecer la calidad del forraje y el estado de desarrollo, esto también puede seleccionar materiales con el mayor potencial de rendimiento<sup>33</sup>.

Aunque se han evaluado métodos de riego recientemente asociados a los sistemas agrícolas, como el riego por goteo subterráneo, para producir pasturas

con menores cantidades de agua<sup>34</sup>, la realidad es que eficiencia en el uso del agua (UEA) aún sigue manteniendo valores bajos de 1.6-1.9 kg MS·m<sup>-3</sup> en comparación con los calculados para el sistema de producción de FVH. En otros estudios se comprobó el potencial de utilización del forraje como fuente de alimentación en la producción animal<sup>12,35</sup>. Por otra parte, el forraje de avena hidropónica en la alimentación de conejos mejoró la ganancia de peso diario a (35.09 g), el índice de conversión alimenticia 5.5, además del peso del animal al mercado (3136.5 g) y una buena rentabilidad<sup>9</sup>. Así mismo en la alimentación de borregos con propósitos de engorda, el uso del FVH se muestra como una alternativa razonable y económicamente viable en comparación a dietas tradicionales<sup>8</sup>.

La utilización de solución nutritiva en los cultivos de forrajes hidropónicos predominó el desarrollo de la bio-masa del brote en detrimento de la raíz<sup>36</sup>. La fertilización con solución nutritiva orgánica aumentó el rendimiento (≥19 %), asimismo el UEA (≥50 %) y la calidad nutricional<sup>17</sup>. Por lo que se confirma la viabilidad de uso sustentable del lixiviado de vermicompost en la producción de FVH en zonas áridas, que al ser un producto procedente de la ganadería (estiércoles), reduce los costos y la contaminación agroambiental<sup>17,20</sup>. Por otro lado, los parámetros productivos del forraje verde son superiores cuando se cultiva a un 75 % de solución nutritiva con un tiempo de cosecha de 12 días, estableciendo una conversión a biomasa de 5.27±0.06 kg<sup>37</sup>. En situaciones de iluminación natural deficiente, la técnica de cultivo con papel absorbente fue más eficiente para el beneficio y la cantidad de proteína bruta<sup>38</sup>. En otro estudio publicado en la página de perucuy sustenta que en la alimentación en cuyes es más económico alimentar con suplemento balanceado más forraje hidropónico (S/.3.30) en comparación solo con forraje hidropónico (S/.3.56).

Dado que la agricultura es una acción de transformación tecnológica, es esencial desarrollar nuevas tecnologías que logren desarrollarse y mejorar las opciones de producción disponibles. Por tanto, entre las superioridades de la hidroponía, se hallan una mayor producción del cultivo, una etapa temprana, la mejor calidad de los productos y costos bajos de producción<sup>39</sup>. La producción de FVH es una alternativa para solucionar problemas de alimentación en las distintas especies animales, ya que el FVH posee el suficiente valor nutrimental para ser un suplemento alimenticio ideal en temporadas de escases de alimento<sup>40</sup>.

## Conclusiones

Con base a la revisión bibliográfica la producción de FVH en la actualidad es considerada una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables, en algunos casos desarrolladas en un medio o sistema de cultivo alimentados por solución nutritiva que brinda el alimento necesario para todo el ciclo de crecimiento de las plantas, consiguiendo de esta manera forrajes 100 % saludables.

Por sus características efectivas permiten sustituir o remplazar a los que se producen de manera tradicional y de esta manera utilizarlos en la alimentación de especies animales. A diferencia de otros forrajes, el FVH, por su alto valor nutritivo resulta ser limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos y libre de cualquier contaminación.

La inversión requerida para el cultivo del FVH dependerá del nivel de producción que se quiera obtener. Considerando los riesgos de sequías, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (la semilla); el FVH es una alternativa económicamente viable

que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores de especies animales, en el desglose de los costos se aprecia la gran ventaja que tiene este sistema de producción.

## Fuente de financiamiento

Por ser una revisión bibliográfica, el apoyo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y el financiamiento propio de los autores.

## Conflictos de intereses

La investigación se realizó mediante la recopilación y selección de información científica adecuada.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias, por el apoyo técnico, científico y logístico realizado a la presente investigación.

## Aspectos éticos

La investigación cumplió con las normas éticas del proceso de información.

## Aporte de los autores en el artículo

*Núñez Torres Oscar Patricio* realizó el levantamiento de la información y recopilación bibliográfica, *Guerrero López Jorge Ricardo*, revisó el artículo final y apoyo en la redacción.

## Literatura citada

1. Manual técnico forraje verde hidropónico [Internet]. Organización de las Naciones Unidas para la

- Agricultura y las Alimentacion. 2011[citado 5 de octubre de 2020]. Recuperado a partir de: <http://www.fao.org/3/ah472s/ah472s00.pdf>
2. Arias RO, Muro MG, Marino B, Trigo MS, Boyezuk D, Cordiviola CÁ. Aporte nutricional del forraje verde hidropónico en la alimentación de cabras cruce criollas x Nubian. Rev Fac Agron 2019;118(1):137-44. DOI: <https://doi.org/10.24215/16699513e013>
  3. Rodriguez Muela C, Rodriguez HE, Ruiz O, Flores A, Grado JA, Arzola C. Use of green fodder produced in hydroponics systems as supplement for salers lactating cows during the dry season. En: Rodríguez-Muela C, Ruiz barrera O, editores. Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science; junio 2005. Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua [Internet]. Chihuahua: Universidad Autónoma de Chihuahua [citado 3 de octubre de 2020]. p. 271-274. Recuperado a partir de: [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Useofgreenfodder%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Useofgreenfodder%20(1).pdf)
  4. Cerrillo Soto MA, Juárez Reyes AS, Rivera Ahumada JA, Guerrero Cervantes M, Ramírez Lozano RG, Bernal Barragán H. Produccion de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. Interciencia 2012;37(12):906-13.
  5. Fuentes F, Poblete C, Huerta M, Palape I. Evaluación de la producción y calidad nutritiva de avena como forraje verde hidropónico en condiciones de desierto. Idesia 2011;29(3):75-81. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292011000300011>
  6. Morales MA, Fuente B, Juárez M, Ávila E. Short communication: effect of substituting hydroponic green barley forage for a commercial feed on performance of growing rabbits. World Rabbit Sci 2009;17(1):35-8. DOI: <https://doi.org/10.4995/wrs.2009.668>
  7. Palma Castillo OR, Hurtado EA. Comportamiento productivo de conejos durante el período de crecimiento-engorde alimentados con frutos de mango (*Mangifera indica*) en sustitución parcial del alimento balanceado comercial. Revista Agrícola 2009;9(4):968-71.
  8. Sánchez del Castillo F, Moreno Pérez EC, Contreras Magaña E, Morales Gómez J. Producción de forraje hidropónico de trigo y cebada y su efecto en la ganancia de peso en borregos. Rev Chapingo Ser Hortíc 2013;19 (4):35-43.
  9. Fuentes Carmona FF, Poblete Pérez CE, Huerta Pizarro MA. Respuesta productiva de conejos alimentados con forraje verde hidropónico de avena, como reemplazo parcial de concentrado comercial. Acta Agron 2011;60 (2):183-9.
  10. Quispe Cusi A, Paquiyauri Z, Ramos YV, Contreras JL, Véliz MA. Influencia de niveles de azufre en la producción, composición química bromatológica y digestibilidad del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.). Rev Investig Vet Perú 2016;27(1):31-8. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v27i1.11457>
  11. Jordan Rodrigo A, Ribeiro Evaldo F, Oliveira Fabricio C, de Geisenhoff Luciano O, Martins Elton AS. Yield of lettuce grown in hydroponic and aquaponic systems using different substrates. Rev Bras Eng Agric Ambient 2018;22(8):525-9. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p525-529>
  12. Ramírez Viquez C, Soto Bravo F. Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. Agron Costarric 2017;41(2): 79-91. DOI: <https://doi.org/10.15517/rac.v41i2.31301>
  13. Contreras JL, Tunque M, Cordero AG. Rendimiento hidropónico de la arveja con cebada y trigo en la producción de germinados. Rev Investig Vet Perú 2015; 26(1):9-19. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v26i1.10910>

14. Romero Valdez ME, Córdova Duarte G, Hernández Gallardo EO. Producción de forraje verde hidropónico y su aceptación en ganado lechero. *Acta Univ* 2009;19(2):11-9. DOI: <https://doi.org/10.15174/au.2009.93>
15. Zagal Tranquilino M, Martínez González S, Salgado Moreno S, Escalera Valente F, Peña Parra B, Carrillo Díaz F. Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. *Abanico Vet* 2016; 6(1):29-34.
16. López Elias J. La producción hidropónica de cultivos. *Idesia* 2018;36(2):139-41. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292018005000801>
17. Preciado Rangel P, García Hernández JL, Segura Castruida MA, Salas Pérez L, Ayala Garay AV, Esparza Rivera JR, et al. Efecto del lixiviado de vermicomposta en la producción hidropónica de maíz forrajero. *Terra Latinoam* 2014;32(4):333-8.
18. Maldonado Torres R, Álvares Sánchez MaE, Cristóbal Acevedo D, Ríos Sánchez E. Nutrición mineral de forraje verde hidropónico. *Rev Chapingo Ser Hortic* 2013;19(2):211-23. DOI: <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.10.053>
19. Juárez López P, Morales Rodríguez HJ, Sandoval Villa M, Gómez Danés AA, Cruz Crespo E, Juárez Rósete CR, et al. Producción de forraje verde hidropónico. *Rev Fuente* 2013;4(13):16-26
20. López Aguilar R, Murillo Amador B, Rodríguez Quezada G. El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *INCI* 2009;34(2):121-6.
21. Villavicencio A. producción de forraje verde hidropónico [Internet]. Santiago: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina; 2014 [citado 26 de octubre de 2020]. Boletín INIA No 285. Recuperado a partir de: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/forraje\\_hidropnico/60-Villavicencio.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/forraje_hidropnico/60-Villavicencio.pdf)
22. Fuentes Carmona FF, Poblete Pérez CE, Huerta Pizarro MA. Respuesta productiva de conejos alimentados con forraje verde hidropónico de avena, como reemplazo parcial de concentrado comercial. *Acta Agron* 2011;60 (2):183-9.
23. Naik PK, Swain BK, Chakurkar EB, Singh NP. Effect of seed rate on yield and proximate constituents of different parts of hydroponics maize fodder. *Indian J Anim Sci* 2017;87(1):109-12.
24. González Díaz JE, García Reys MA. Evaluación de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) en invernadero noconvencional, La Trinidad, Estelí. [tesis licenciatura]. [Managua]: Universidad Nacional Agraria; 2015 [citado 26 de octubre de 2020]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.una.edu.ni/3166/>
25. Acosta Lozano NV, Lima Orozco R, Castro Alegría A, Avellana Cevallos JH, Suárez Reyes YG. Evaluación de diferentes sistemas de producción de biomasa hidropónica de maíz. *Cent Agr* 2016;43(4):57-66.
26. Al Karaki GN, Al Hashimi M. Green fodder production and water use efficiency of some forage crops under hydroponic conditions. *ISRN Agron* 2012;2012:1-5. DOI: <https://doi.org/10.5402/2012/924672>
27. Candia L. 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. *Salud Tecnol Vet* 2014;2 (1):55-62. DOI: <https://doi.org/10.20453/stv.2014.2202>
28. Mamani Paredes J, Cotacallapa Gutiérrez FH. Rendimiento y calidad nutricional de avena forrajera en la región de Puno. *Rev Investig Altoandín* 2018;20(4):385-400. DOI: <https://doi.org/10.18271/ria.2018.415>

29. Marzec M, Melzer M, Szarejko I. Root hair development in the grasses: what we already know and what we still need to know. *Plant Physiol* 2015;168(2):407-14. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.15.00158>
30. Bedolla-Torres MH, Palacios Espinosa A, Palacios OA, Choix FJ, Ascencio Valle FJ, López Aguilar DR, et al. La irrigación con levaduras incrementa el contenido nutricional del forraje verde hidropónico de maíz. *Rev Argent Microbiol* 2015; 47(3):236-44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2015.04.002>
31. Chavarria Torrez A, Castillo Castro SS. El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja. *Rev Iberoam Bioecon Cambio Clim* 2018;4(8): 1032-9. DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i8.6716>
32. Mejía Castillo HJ, Orellana Núñez FS. Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción ante el cambio climático. *Rev Iberoam Bioecon Cambio Clim* 2019;5(9): 1103-20. DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v5i9.7947>
33. Müller L, dos Santos OS, Manfron PA, Medeiros SLP, Haut V, Dourado Neto D, et al. Forragem hidropônica de milho: Produção e qualidade nutricional em diferentes densidades de semeadura e idades de colheita. *Cienc Rural* 2006;36(4):1094-9. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000400008>
34. Godoy Avila C, Pérez Gutiérrez A, Torres CA, Hermosillo LJ, Reyes I. Uso de agua, producción de forraje y relaciones hídricas en alfalfa con riego por goteo subsuperficial. *Agrociencia* 2003;37(2):101-15.
35. Soto Bravo F, Ramírez Viquez C. Efecto de la nutrición mineral en el rendimiento y las características bromatológicas del forraje verde hidropónico de maíz. *Pastos y Forrajes* 2018; 41(2):106-13.
36. Campos Júnior JE, Santos Júnior JA, Martins JB, Silva ÊFF de, Almeida CDGC de. Rocket production in a low cost hydroponic system using brackish water. *Rev Caatinga* 2018;31 (4):1008-16. DOI: <https://doi.org/10.1590/198321252018v31n424rc>
37. Morales RHJ, Gómez Danés AA, Juárez LP, Loya OL, Ley CA. Forraje verde hidropónico de maíz amarillo (*Zea maíz*) con diferente concentración de solución nutritiva. *Abanico Vet* 2012;2(3):20-8.
38. Rivera A, Moronta M, González Estopiñán M, González D, Perdomo D, García DE, et al. Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de iluminación deficiente. *Zootecnia Trop* 2010;28(1):33-41.
39. Egídio NB, Levy BP. As técnicas de hidroponia. *An Acad Pernamb Ciênc Agron* 2011; 8e9:107-37.
40. López-Aguilar R, Murillo-Amador B, Rodríguez-Quezada G. El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *INCI* 2009;34(2):121-6.

**Nota del Editor:**

*Journal of the Selva Andina Animal Science (JSAAS)* se mantiene neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales publicados en mapas y afiliaciones institucionales.