



Referencia

Valdez-Sandoval, C., Guerra-Centeno, D., Díaz Rodríguez, M., Noriega-Morales, C. y Pérez Noriega, H. (2022). Producción de forraje verde hidropónico de maíz mejorado del ICTA de Guatemala. *Revista Científica del Sistema de Estudios de Postgrado*. 5(2). 21-34. DOI: <https://doi.org/10.36958/sep.v5i2.116>

Producción de forraje verde hidropónico de maíz mejorado del ICTA de Guatemala

Production of hydroponic green fodder from improved maize from the ICTA of Guatemala

Carlos Valdez-Sandoval

Doctor en Ciencias de la Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala
zoovaldez@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0002-8742-1320>

Mercedes Díaz-Rodríguez

Candidata a Médico Veterinario
Universidad de San Carlos de Guatemala
diazrodriguezmdc@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9428-9380>

Dennis Guerra-Centeno

Doctor en Investigación Social
Universidad de San Carlos de Guatemala
msc.dennisguerra@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3021-4742>

César Noriega-Morales

Candidato a Maestro en Ciencia Animal
Universidad de San Carlos de Guatemala
cnoriega7@yahoo.com.mx
<https://orcid.org/0000-0002-0838-2803>

Hugo Pérez Noriega

Doctor en Medicina Veterinaria
Universidad de San Carlos de Guatemala
hugonoriega2621@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0274-5471>

Recibido: 29/08/2022

Aceptado: 10/10/2022

Publicado: 04/11/2022

Resumen

OBJETIVO: explorar el potencial de variedades mejoradas de maíz para la producción de forraje verde hidropónico. **MÉTODO:** se comparó el crecimiento, la producción de biomasa y el contenido nutricional de cinco variedades mejoradas de maíz desarrolladas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas de Guatemala (ICTA). Las variedades evaluadas fueron HB83; HB18, B7, B9, y B15. Se utilizó un diseño completamente aleatorio, con cinco tratamientos y diez repeticiones. Cada tratamiento correspondió a una variedad de maíz. La unidad experimental fue una bandeja de germinación de poliestireno de 15 X 20 cm. El período experimental duró 18 días. **RESULTADOS:** los rendimientos promedio por bandeja fueron: HB18 = 184.2 g ± 10.3; HB83 = 177.7 g ± 22.4; B15 = 175.4 g ± 16.6; B9 = 169.94 g ± 19.8 y B7 = 161.46 g ± 16.94. No se observaron diferencias significativas entre los valores de producción de biomasa excepto entre las variedades HB18 y B7 ($p = .036$). **CONCLUSIÓN:** la variedad HB18 fue la más prometedora para alimentación de rumiantes y otros herbívoros, pues mostró los valores más altos de rendimiento medio de biomasa, el segundo mayor valor de contenido de proteína y el valor más alto de fibra cruda.

Palabras claves

cultivos, alimentación de rumiantes, alimentación de herbívoros, nutrición animal, pastos

Abstract

OBJECTIVE: to explore the potential of improved maize varieties for hydroponic green fodder production. **METHOD:** the growth, biomass production, and nutritional content of five improved maize varieties developed by the Guatemalan Institute of Agricultural Science and Technology (ICTA) were compared. The evaluated varieties were HB83; HB18, B7, B9, and B15. A completely random design was used, with five treatments and ten replicates. Each treatment corresponded to each maize variety. The experimental unit was a 15 X 20 cm polystyrene germination tray. The experimental period lasted 18 days. **RESULTS:** mean biomass productions per tray were: HB18 = $184.2 \text{ g} \pm 10.3$; HB83 = $177.7 \text{ g} \pm 22.4$; B15 = $175.4 \text{ g} \pm 16.6$; B9 = $169.94 \text{ g} \pm 19.8$ y B7 = $161.46 \text{ g} \pm 16.94$. No significant differences in biomass production were observed, except between varieties HB18 and B7 ($p = .036$). **CONCLUSION:** HB18 was the most promising variety for feeding ruminants and other herbivores because it showed the highest value of average biomass production, the second highest value of protein content, and the highest value of crude fiber by 18 days post sowing.

Keywords

crops, ruminant feeding, herbivore feeding, animal nutrition, animal husbandry, pasture

Introducción

El incremento en las necesidades de producción animal y la galopante escasez de recursos naturales disponibles para la agricultura y la ganadería imponen un reto que obliga al análisis de nuevas formas de producir. El forraje verde hidropónico (FVH), del griego hydro = agua y ponos = trabajo, surge como una alternativa interesante, eficiente, ecológica y nutritiva para la alimentación de animales domésticos (Ghasemi-Mobtaker et al., 2022; Kide et al., 2015; Núñez-Torres & Guerrero-López, 2021). Lo llamativo de esta presentación de alimento vegetal es el hecho de que su producción no requiere de suelo y que el agua de riego se aprovecha eficientemente, pudiendo incluso reciclarse (Girma & Gebremariam, 2018). Por lo tanto, el FVH se ha convertido en una solución para la alimentación de animales en zonas donde no es posible o conveniente la producción tradicional o donde tanto el agua como el suelo son escasos, pero, sobre todo, en zonas vulnerables al cambio climático (Castillo & Núñez, 2019). Por sus características de producción, se ha reconocido la importancia social de la producción de FVH en países en vías de desarrollo (Raghavendran et al., 2020; Uddin & Dhar, 2018).

En cuanto al estado del conocimiento del FVH, se han estudiado los efectos de su inclusión en la alimentación de varias especies de animales domésticos habiéndose observado un aumento en el consumo voluntario y en la ganancia de peso en cerdos (Cisneros Saguilán et al., 2020), corderos (Cantón-Castillo et al., 2020), cabras (Shyama et al., 2016), terneros (Rani & Purushothaman, 2019), novillas (Thombre et al., 2019) y conejos (Miah et al., 2020). Algunas investigaciones han demostrado que, cuando es consumido por vacas lactantes, el FVH ha mejorado, tanto algunas características nutricionales de la leche (Agius et al., 2019; Salo, 2019), como también algunos indicadores de salud (Sujaya et al., 2021).

Se han investigado también varios aspectos relacionados con la producción de FVH entre los que se incluyen el efecto del tipo de sustrato (Chaves et al., 2020), la influencia del tipo de solución nutritiva (Soto-Bravo & Ramírez-Viquez, 2018), el efecto del tiempo de corte o aprovechamiento del material (Ndaru et al., 2020) y el uso de desinfectantes para tratar la semilla (Orozco & Zúñiga, 2020). Por otro lado, a pesar de que se ha explorado el potencial de producción de FVH utilizando semillas nativas de maíz (Zeferino-Hernández et al., 2021), el conocimiento publicado sobre el uso de materiales genéticos mejorados en la producción de FVH es muy escaso (Sánchez et al., 2020).

Atendiendo a ese vacío de conocimiento, y aprovechando la existencia de material mejorado local, la presente investigación realizada por el equipo de investigación del Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud pretendió evaluar el crecimiento y el rendimiento de cinco variedades de maíz mejorado producidas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas de Guatemala. También se exploró la composición nutricional de los materiales evaluados, cosechados a los 18 días post germinación. La información generada será de utilidad para los productores de animales domésticos, tanto tecnificados como no tecnificados, pero sobre todo para aquellos que intentan realizar su actividad productiva en áreas vulnerables al cambio climático o donde las condiciones de suelo y disponibilidad de agua no son las más adecuadas.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el invernadero del Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud, en la Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el campus central, en la zona 12 de la ciudad de Guatemala. La temperatura promedio es de 18.4°C y la precipitación pluvial media anual de 662 mm y el sitio se localiza en las coordenadas UTM 15 P 763132.61 m E 1613476.64 m N, a una elevación de 1500 msnm, en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical (Pérez et al., 2018).

Variedades mejoradas de maíz

Se evaluaron cinco materiales mejorados de maíz, desarrollados por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) de Guatemala (HB-83; HB-18, B-7, B-9 y B-15).

Diseño del estudio

Se utilizó un diseño completamente aleatorio, con cinco tratamientos y diez repeticiones. La unidad experimental fue una bandeja de germinación conteniendo un único material.

Tratamientos

Se evaluaron cinco tratamientos. Cada uno de los tratamientos correspondió a cada una de las variedades de maíz mejorado producido por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) de Guatemala (HB83; HB18, B7, B9 y B15).

Siembra del material y riego

Los materiales fueron utilizados tal como vienen embalados por el ICTA. La siembra se realizó en bandejas de poliestireno expandido de 15 x 20 cm con perforaciones para drenaje. La densidad de siembra fue de 80 g de semillas por bandeja (equivalente a 2.67 kg m²). Las bandejas fueron colocadas en estanterías con un leve desnivel para favorecer el drenaje y fueron regadas tres veces diarias asperjando agua potable municipal sobre el material vegetal. No se utilizaron soluciones nutritivas en el agua de riego, pues se ha reportado que no mejoran el crecimiento ni el contenido nutricional en las etapas tempranas de crecimiento hidropónico del maíz (Ramírez & Soto, 2018).

Medición del crecimiento y de la biomasa final

Las mediciones de la altura se realizaron diariamente a partir del día seis post siembra y se extendieron hasta el día 18 (se escogió un día intermedio de lo que se ha publicado en otros estudios). Para el efecto, se tomó el dato de la altura de 10 individuos escogidos al azar, por bandeja, por día, de tal manera que el dato de crecimiento diario por bandeja fue la altura media de una submuestra de 10 individuos. La medición del día 18 (último día de experimentación) fue considerada como la altura final o crecimiento de los materiales. Todas las mediciones se hicieron en cm aproximando al 0.1 cm más cercano y desde la base de la planta hasta el punto más alto.

La biomasa promedio final se determinó pesando todo el material vegetal de cada variedad mejorada de cada bandeja y obteniendo el promedio. Las mediciones parciales se aproximaron al 0.1 g más cercano.

Contenido nutricional

Se determinó el contenido nutricional de la biomasa de cada uno de los materiales evaluados, mediante un análisis químico proximal. Para el efecto, se mezclaron las biomásas de las 10 repeticiones de cada tratamiento a los 18 días post siembra y se seleccionó una muestra de cada uno para su análisis químico proximal en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la ciudad de Guatemala. La materia seca se determinó por desecación, la proteína cruda por la técnica de Microkjeldahl, la fibra cruda por la técnica de digestión, el extracto etéreo por la técnica de Goldfish y las cenizas por incineración.

Análisis estadístico

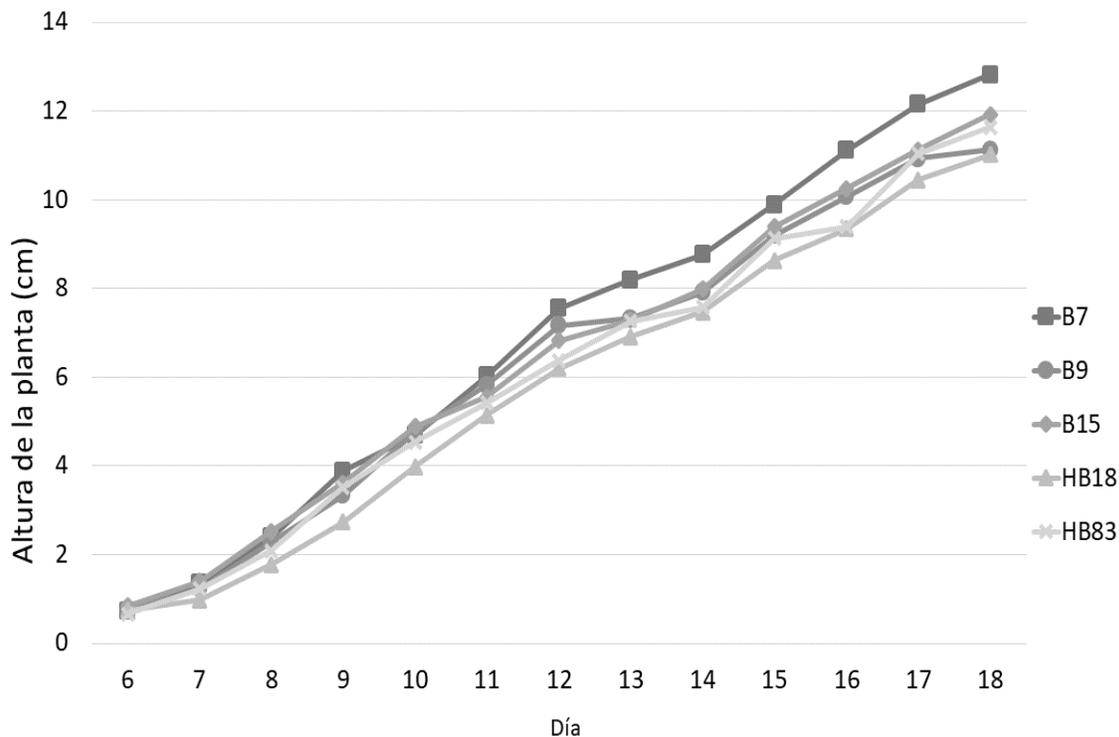
El comportamiento de los datos de crecimiento se analizó mediante estadística descriptiva y de dispersión. El efecto de la variedad de maíz sobre el crecimiento y sobre la producción de biomasa se analizó mediante un Análisis de Varianza. Adicionalmente, se realizó una prueba de Tukey para determinar diferencias entre tratamientos. El nivel de alfa para la sensibilidad estadística fue de 0.05.

Resultados Crecimiento

Las plantas de todas las variedades de maíz evaluadas mostraron crecimiento en el medio hidropónico. La variedad de maíz que presentó mayores alturas fue la B7 ($x = 12.8 \text{ g} \pm 5.2$), seguida de la B15 ($x = 11.9 \text{ g} \pm 4.4$) y la HB83 ($x = 11.6 \text{ g} \pm 3.8$). Hubo diferencia significativa en la altura final entre las variedades de maíz estudiadas ($F = 2.9$, $gl = 4$, 445 , $p = 0.02269$).

En la figura 1, se presenta la curva de crecimiento (altura) del forraje verde hidropónico de las cinco variedades de maíz evaluadas.

Figura 1. Valores de altura diaria media de cinco materiales mejorados de maíz en un sistema hidropónico en bandejas de poliestireno de 20 x 15 cm.



Rendimiento del forraje verde hidropónico

Las variedades de maíz con mayores rendimientos medios por bandeja fueron la HB18 ($x = 184.2 \text{ g} \pm 10.3$, equivalente a $6.14 \pm 0.34 \text{ kg por m}^2$), la HB83 ($x = 177.7 \pm 22.4$, equivalente a $5.92 \pm 0.75 \text{ kg por m}^2$) y la B15 ($x = 175.4 \pm 16.6$), seguidas por la B9 ($x = 169.94 \text{ g} \pm 19.8$, equivalente a $5.66 \text{ kg} \pm 0.66 \text{ kg por m}^2$) y la B7 ($x = 161.46 \text{ g} \pm 16.94$, equivalente a $5.38 \pm 0.56 \text{ kg por m}^2$). Las distribuciones de los rendimientos se muestran en la figura 2. Los rendimientos del forraje verde hidropónico, sin embargo, no fueron estadísticamente diferentes entre variedades, con la excepción de la comparación entre la variedad HB18 y la B7 (Tabla 1). La relación rendimiento/semilla observada a los 18 días para las cinco variedades evaluadas fue: HB18 = 2.3; HB83 = 2.22; B15 = 2.19; B9 = 2.12 y B7 = 2.01.

Figura 2. Distribuciones de los valores de rendimiento promedio (gramos por bandeja) de forraje verde hidropónico de cinco materiales mejorados de maíz al día 18 post siembra en bandejas de poliestireno de 15 x 20 cm.

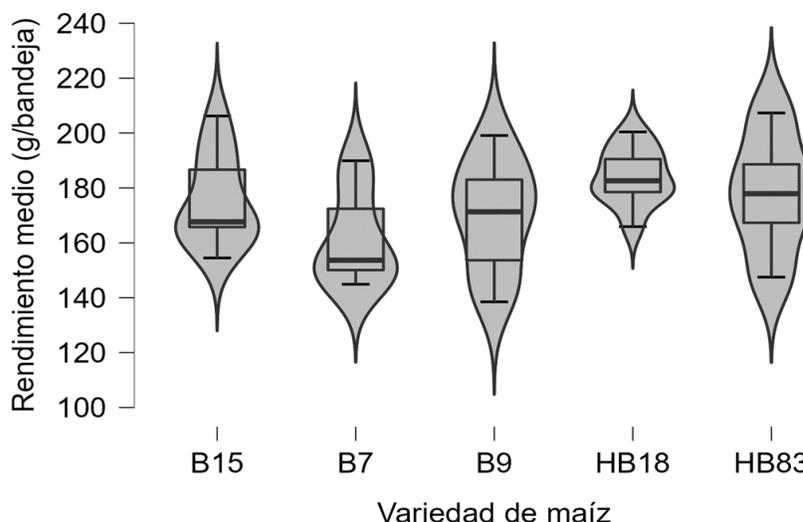


Tabla 1. Resultados de la prueba de Tukey sobre el rendimiento del forraje verde hidropónico de las cinco variedades de maíz.

Variedad	B7	B9	B15	HB18	HB83
B7	-	.7976	.368	.036	.419
B9	1.577	-	.950	.345	.918
B15	2.596	1.019	-	.774	.999
HB18	4.235	2.658	1.638	-	.955
HB83	2.469	1.181	.349	.988	-

Análisis químico proximal

Los contenidos nutricionales del forraje verde hidropónico de las cinco variedades de maíz se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Análisis químico proximal del forraje verde hidropónico de las cinco variedades de maíz a los 18 días post siembra.

	Proteína	Fibra cruda	Extracto etéreo	Cenizas	Extracto libre de nitrógeno	Agua	Materia seca total
B7	16.7	7.5	1.9	3.1	70.8	69.3	30.7
B9	17.4	7.1	1.9	3.4	70.1	71.9	28.1
B15	14.6	8.3	2.6	2.9	71.6	70.8	29.2
HB18	16.9	11.7	3.2	3.8	64.4	77.3	22.7
HB83	15.0	9.1	2.0	3.0	70.8	72.3	27.7

Discusión

Los valores de altura de planta observados en el presente estudio son similares a los observados para el FVH de maíz comercial regado con agua observados por Trevizan y Challapa (2020) aunque son menores a los reportados en otras investigaciones (Alcaraz-Romero & Cantón-Castillo, 2021; Ticona & Tito, 2017) a los 20 días post siembra. Interesante es el efecto diferencial significativo en el crecimiento longitudinal generado por la variedad B7 a tan solo 18 días post siembra. Diferencias entre variedades mejoradas de maíz también han sido reportadas en África por Assefa y colaboradores (2020). De lo anterior se sigue que si un productor en el ámbito de Guatemala persigue la altura de los materiales como un rasgo deseable podría enfocarse en la capacidad de crecimiento de este material B7.

En relación con el rendimiento, los valores observados en el presente estudio fueron mayores que los reportados por Albert y colaboradores (2016) aunque estos autores realizaron la cosecha a los 12 días mientras que nosotros a los 18. Por otro lado, los valores de rendimiento del presente estudio fueron menores que los reportados por López-Aguilar y colaboradores (2009) usando una densidad similar y fueron mucho menores a los observados por Assefa y colaboradores (2020) quienes usaron una mayor densidad de siembra que la del presente estudio.

A pesar de que el material B7 fue el que exhibió mayores alturas, fueron los materiales HB18, HB83 y B15 los que generaron un mayor rendimiento de biomasa. En el presente estudio la biomasa de todos los materiales se duplicó a los 18 días post siembra. Lógicamente, los valores de contenido nutricional y humedad del forraje con respecto a la semilla varían como resultado de los procesos metabólicos durante la germinación y el crecimiento de los materiales.

Por otro lado, y en relación con el contenido nutricional, la variedad B7 mostró resultados prometedores pues se ubicó en el tercer lugar en contenido proteico y en el primero en contenido de materia seca total. Quizás lo más interesante, en relación con el contenido nutricional de los materiales evaluados, fue el hecho de que los valores de proteína observados a los 18 días post siembra en todos los materiales fueron mayores (casi el doble) que el 9% que suele tener el maíz en grano seco (Menchú et al., 2000; Mex-Álvarez et al., 2016). El aumento en contenido nutricional, sobre todo de proteína, que se observa en el forraje verde hidropónico en relación con el contenido en el maíz en grano, también ha sido reportado por Kide y colaboradores (2015). Además de lo anterior, los valores de proteína observados en el presente estudio fueron mayores a los reportados por Loqui y colaboradores (2020) en cuatro híbridos de maíz a los 15 días post cosecha.

Por lo tanto, se concluye que el forraje verde hidropónico a partir de variedades mejoradas del ICTA, producido en bandejas plásticas, se presenta como una interesante opción dado su rápido crecimiento y el contenido nutricional a los 18 días post siembra. La variedad HB18 mostró los valores más altos de rendimiento medio de biomasa, el segundo mayor valor de contenido de proteína y el valor más alto de fibra cruda, siendo la variedad más prometedora para alimentación de rumiantes y otros herbívoros.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Laboratorio de Bromatología y a la Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala por el apoyo en la elaboración de los análisis bromatológicos de los materiales evaluados.

Referencias

Agius, A., Pastorelli, G., & Attard, E. (2019). Cows fed hydroponic fodder and conventional diet: Effects on milk quality. *Archives Animal Breeding*, 62(2), 517–525. <https://doi.org/10.5194/AAB-62-517-2019>

Albert, G., Alonso, N., Cabrera, A., Rojas, L., & Rosthoj, S. (2016). Evaluación productiva del forraje verde hidropónico de maíz, avena y trigo. *Compendio de Ciencias Veterinarias*, 6(1), 7-10. <https://doi.org/10.18004/compend.cienc.vet.2016.06.01.7-10>

Alcaraz-Romero, R. A., & Cantón-Castillo, J. J. (2021). Effect of Irrigation Volume on Biomass and Nutritional Value of *Zea mays* L. as Green Hydroponic Forage. *Agro Productividad*, 14(3). <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i3.1824>

Assefa, G., Urge, M., Anmut, G., & Assefa, G. (2020). Effect of variety and seed rate on hydroponic maize fodder biomass yield, chemical composition, and water use efficiency. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 36(1), 87-100. <https://doi.org/10.2298/BAH2001087A>

Cantón-Castillo, J. J., Alcaraz-Romero, R. A., Chiquini-Medina, R. A., & Maya-Martínez, A. (2020). Digestibility of a diet with hydroponic maize (*Zea mays* L.) green fodder and its effect on lamb growth. *Agro Productividad*, 13(11). <https://doi.org/10.32854/AGROP.V13I11.1754>

Castillo, H. J. M., & Núñez, F. S. O. (2019). Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción ante el cambio climático. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 5(9), 1103–1120. <https://doi.org/10.5377/RIBCC.V5I9.7947>

Chaves, J. da S., Leal, M. L. de A., Alves, R. N., Rodrigues, T. G., Souza, F. G. de, Júnior, D. L. T., Sousa, J. F. de, Nascimento, J. P. S. do, & Silva, H. S. (2020). Bromatological quality and productivity of hydroponic maize forage cultivated in

different substrates. *Research, Society and Development*, 9(10), e759108216.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8216>

Cisneros Saguilán, P., Aniano Aguirre, H., Martínez-Martínez, R., Gómez Vázquez, A., Maldonado Peralta, M. de los Á., Ayala Monter, M. A., Cisneros Saguilán, P., Aniano Aguirre, H., Martínez-Martínez, R., Gómez Vázquez, A., Maldonado Peralta, M. de los Á., & Ayala Monter, M. A. (2020). Forraje verde hidropónico en dietas de cerdos en crecimiento en Pinotepa Nacional, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(SPE24), 247–253. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V0I24.2375>

Ghasemi-Mobtaker, H., Sharifi, M., Taherzadeh-Shalmaei, N., & Afrasiabi, S. (2022). A new method for green forage production: Energy use efficiency and environmental sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 363, 132562. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132562>

Girma F, & Gebremariam B. (2018). Review on Hydroponic Feed Value to Livestock Production. *Journal of Scientific and Innovative Research*, 7(4), 106–109. www.jsirjournal.com

Kide, W., Desai, B., & Kumar, S. (2015). Nutritional improvement and economic value of hydroponically sprouted maize fodder. *Life Sciences International Research Journal*, 2(2), 76-79.

Kide, W., Gunaji Desai, B., & Kumar Balasaheb Sawant Konkan Krishi Vidypeeth, S. (2015). Nutritional improvement and economic value of hydroponically sprouted maize fodder Ecological Significance and economic value of Parthenium (parthenium hysterophorus) Weed in Southern Tigray, Northern Ethiopia View project Station Research Projects View project. <https://www.researchgate.net/publication/299599166>

López-Aguilar, R., Murillo-Amador, B., & Rodríguez-Quezada, G. (2009). El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia*, 34(2), 121-126. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000200009

Loqui, A. J., Zambrano, M. E., López, D. J., & Casignia, D. A. (2020). Forraje hidropónico de maíz: análisis bromatológico de cuatro híbridos de maíz para alimentación animal. *RECIAMUC*, 4(2), 76-80. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.\(2\).abril.2020.76-80](https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.(2).abril.2020.76-80)

- Menchú, M. T., Méndez, H., & Lemus, J. (2000). Tabla de composición de alimentos de Centroamérica Segunda Edición. Guatemala: OPS/INCAP. <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/TablaCAAlimentos.pdf>
- Mex-Álvarez, R. M. J., Garma-Quen, P. M., Bolívar-Fernández, N. J., & Guillén-Morales, M. M. (2016). Análisis proximal y fitoquímico de cinco variedades de maíz del Estado de Campeche, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 12(2), 74-80. <https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/254>
- Miah, A. G., Osman, A. A., Mobarak, H., Parveen, R., & Salma, U. (2020). Evaluation of supplementation of hydroponic fodder on productive and reproductive performance of rabbit. 02(02), 41-50. http://jvra.org.in/uploads/archivepdf/1132JVRA_Vol_02_Dec-2020_06.pdf
- Ndaru, P. H., Huda, A. N., Marjuki, Prasetyo, R. D., Shofiatun, U., Nuningtyas, Y. F., Ndaru, R. K., & Kusmartono. (2020). Providing High Quality Forages with Hydroponic Fodder System. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 478(1), 012054. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/478/1/012054>
- Núñez-Torres, O. P., & Guerrero-López, J. R. (2021). Hydroponic foods: an alternative for the feeding of domestic animals. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 8(1), 44–52. <https://doi.org/10.36610/J.JSAAS.2021.080100044X>
- Orozco, A. Z., & Zúñiga, I. B. (2020). Evaluación de tres productos desinfectantes sobre semillas de maíz y cebada para la producción en la tecnología de Forraje Verde Hidropónico. *Repertorio Científico*, 23(2), 63–75. <https://doi.org/10.22458/RC.V23I2.3180>
- Pérez Irungaray, G. E., Rosito Monzón, J. C., Maas Ibarra, R. E., & Gándara Cabrera, G. A. (2018). *Ecosistemas de Guatemala*.
- Raghavendran, V. B., Alex Albert, V., & Tamilselvan, N. (2020). Hydroponic Maize Fodder Production - Need for Small and Marginal Farmers. *Biotica Research Today*, 2(7), 601–603. <https://bioticainternational.com/ojs/index.php/biorestoday/article/view/304>
- Ramírez, C., & Soto, F. (2017). Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía Costarricense*, 41(2), 79-91. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v41i2.31301>

- Rani, J. K., & Purushothaman, S. (2019). The effect of feeding hydroponics maize fodder on growth performance and nutrient digestibility in cross bred calves. ~ 489 ~ Journal of Entomology and Zoology Studies, 7(6), 489–492. <http://www.entomoljournal.com>
- Salo, S. (2019). Effects of Hydroponic Fodder Feeding on Milk Yield and Composition of Dairy Cow: Review. Journal of Natural Sciences Research, 9(8), 1–8. <https://doi.org/10.7176/jnsr/9-8-01>
- Sánchez, A. J. L., Alarcón, M. E. Z., Loqui, D. J. L., & Coox, D. A. C. (2020). Forraje hidropónico de maíz: análisis bromatológico de cuatro híbridos de maíz para alimentación animal. RECIAMUC, 4(2), 76–80. [https://doi.org/10.26820/RECIAMUC/4.\(2\).ABRIL.2020.76-80](https://doi.org/10.26820/RECIAMUC/4.(2).ABRIL.2020.76-80)
- Shyama, K., Rajkumar, G., Rani, K. J., & Venkatachalapathy, R. T. (2016). Effect of feeding of hydroponic fodder maize as partial protein supplement on growth performance in kids. In Journal of Indian Veterinary Association (Vol. 14, Issue 3). <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173312611>
- Soto-Bravo, F., & Ramírez-Viquez, C. (2018). Efecto de la nutrición mineral en el rendimiento y las características bromatológicas del forraje verde hidropónico de maíz. Pastos y Forrajes, 41(2), 106–113. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000200004
- Sujaya, U., Tiwari, M. R., Ghimire, R. P., & ... (2021). Effects of feeding hydroponic maize fodder on performance of lactating cattle. Nepalese Journal of <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20210130947>
- Thombre, C., Atkare, V. G., & Chore, N. S. (2019). Effect of partial feeding of hydroponic maize on performance of crossbred heifers. Journal of Soils and Crops, 29(2), 371-375. <https://journalofsoilsandcrops.com/Download/dec2019issue/27.pdf>
- Ticona, J., & Tico, A. (2017). Evaluación de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.), con cuatro tipos de abonos orgánicos bajo ambiente atemperado en la provincia Murillo del Departamento de La Paz. Apathapi, 3(2), 538-544. <file:///C:/Users/User/Downloads/118-Texto%20del%20art%C3%ADculo-393-1-10-20171108.pdf>
- Trevizan, J. F., & Challapa, G. A. (2020). Comparación del rendimiento de forraje verde hidropónico con maíz lluteño y maíz comercial, utilizando cuatro calidades de

agua. Arica, Chile. Idesia (Arica), 38(3), 113-122. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000300113>

Uddin, M., & Dhar, A. (2018). Socioeconomic analysis of hydroponic fodder production in selected areas of Bangladesh: prospects and challenges. SAARC Journal of Agriculture, 16(1), 233–247. <https://doi.org/10.3329/SJA.V16I1.37438>

Zeferino-Hernández, P., Zeferino-Hernández, P., Luna, D. V., Lara-Rodríguez, D. A., Tadeo-Bolaños, P., Velázquez-Silvestre, M. G., & Lozano, A. R. (2021). Potential of native maize in the production of hydroponic green fodder under tropical conditions. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 24(2). <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3659>

Sobre los autores

Carlos Valdez-Sandoval

Es Licenciado en zootecnia con Maestría en reproducción animal, Maestría en administración de empresas y Doctorado en Ciencias de la Investigación. Actualmente es director en el Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud (IICAE) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).

Dennis Guerra-Centeno

Es Médico veterinario, MSc en conservación y manejo de vida silvestre y PhD en investigación social. Actualmente, es investigador en el Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Ha publicado investigaciones en epidemiología, manejo de vida silvestre, acuaponía y otras áreas.

Mercedes Díaz-Rodríguez

Es Candidata a Médico Veterinario de la USAC y colaboradora del IICAE.

César Noriega-Morales

Es Médico Veterinario, Magister en Educación y Aprendizaje, Postgrado en Biotecnología y Bioseguridad. Actualmente, trabaja en la Escuela Nacional Central de Agricultura -ENCA-,

Profesor titular III. Experiencia de campo en especies mayores y menores. Actividades académicas teórico-práctico en Agroindustria.

Hugo Pérez Noriega

Es Médico Veterinario, Maestría en Nutrición y Alimentación, Doctorado en Medicina Veterinaria. En la actualidad ejerce la docencia en la FMVZ de la USAC, y es revisor de protocolos de investigación y trabajos de graduación.

Financiamiento de la investigación

El financiamiento fue con recursos propios de los investigadores y el apoyo del Laboratorio de Bromatología y la Junta Directiva de la FMVZ, USAC.

Declaración de intereses

Se declara no tener ningún conflicto de intereses.

Declaración de consentimiento informado

El estudio se realizó respetando el Código de ética y buenas prácticas editoriales de publicación.

Derecho de uso

Copyright (c) (2022) por Carlos Valdez-Sandoval, Dennis Guerra-Centeno, Mercedes Díaz-Rodríguez, César Noriega-Morales y Hugo Pérez Noriega

Este texto está protegido por la [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente, siempre que cumpla la condición de atribución: debe reconocer el crédito de una obra de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace.