

Evaluación del Crecimiento y Composición Nutricional del Maíz Hidropónico (Zea mays) para su Uso en Bovinos

Assessment of Growth and Nutritional Value of Hydroponically Grown Zea mays for Cattle Feeding

Michel Campuzano¹[0009-0006-2173-6027], Angelica Cedeño²[0009-0009-1985-320X], Jefferson Cortez³[0009-0009-9032-7894], Luis Enrique Terrero Jacome⁴[0009-0003-0689-7517], Johnny Novillo Celleri⁵[0000-0002-0314-3336], Iván González-Puetate^{6*}[0000-0001-9930-0617]

¹Universidad de Guayaquil, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ecuador, michel.campuzanop@ug.edu.ec

²Universidad de Guayaquil, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ecuador, geanella.cedenoc@ug.edu.ec

³Universidad de Guayaquil, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ecuador, jefferson.corteza@ug.edu.ec

⁴Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, luis.terrero2017@uteq.edu.ec

⁵Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, jnovillo@uteq.edu.ec

^{6*}Universidad de Guayaquil–Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ecuador, ivan.gonzalezp@ug.edu.ec

CITA EN APA:

Campuzano, M., Cedeño, A., Cortez, J., Terrero Jacome, L. E., Novillo Celleri, J., & González-Puetate, I. (2025). Evaluación del Crecimiento y Composición Nutricional del Maíz Hidropónico (Zea mays) para su Uso en Bovinos. Technology Rain Journal, 4(2). <https://doi.org/10.55204/trj.v4i2.e96>

Recibido: 12 de julio-2025

Aceptado: 01 de septiembre-2025

Publicado: 18 de septiembre-2025

Technology Rain Journal

ISSN: 2953-464X



Los contenidos de este artículo están bajo una licencia de Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Los autores conservan los derechos morales y patrimoniales de sus obras.

Resumen. El estudio evaluó el crecimiento y la calidad nutricional del maíz (Zea mays) cultivado hidropónicamente como alternativa sostenible para alimentar ganado bovino durante épocas de sequía. Realizado en Guayaquil, Ecuador, el cultivo se desarrolló en bandejas por siete días, registrando un crecimiento promedio de 4,6 cm/día y una altura máxima de 29 cm. El análisis bromatológico reveló alto contenido de humedad (77,99 %) y energía (101,14 kcal/g), pero bajos niveles de proteína (3,24 %) y fibra (3,08 %). Aunque el desarrollo vegetativo fue destacado, se identificaron limitaciones nutricionales. Se concluye que el forraje hidropónico de maíz es útil como suplemento energético, pero necesita complementarse con fuentes proteicas para cubrir los requerimientos del ganado.

Palabras Clave: Forraje hidropónico, Zea mays, nutrición animal, proteína, sostenibilidad, ganadería.

Abstract: The study evaluated the growth and nutritional quality of hydroponically grown corn (Zea mays) as a sustainable alternative for feeding cattle during drought periods. Conducted in Guayaquil, Ecuador, the crop was grown in trays for seven days, showing an average growth rate of 4.6 cm/day and a maximum height of 29 cm. Bromatological analysis revealed a high moisture content (77.99%) and energy level (101.14 kcal/g), but low protein (3.24%) and fiber (3.08%) levels. Although vegetative development was notable, nutritional limitations were identified. It is concluded that hydroponic corn forage is useful as an energy supplement but needs to be complemented with protein sources to meet cattle's nutritional requirements.

Keywords: Hydroponic forage, Zea mays, animal nutrition, protein, sustainability, livestock.

1. INTRODUCCIÓN

La hidroponía es una técnica de cultivo que prescinde del uso del suelo, utilizando en su lugar una solución nutritiva en agua. Entre sus principales ventajas se destacan el uso eficiente del agua, con un ahorro de hasta un 90 % comparado con los métodos tradicionales, y la posibilidad de obtener una mayor productividad por unidad de superficie gracias al cultivo vertical. Además, permite

producir durante todo el año sin depender de las condiciones climáticas o estacionales, y contribuye a reducir los impactos negativos de la agricultura convencional, como la erosión, la pérdida de nutrientes y el deterioro del suelo (Rajaseger et al., 2023).

La hidroponía permite la producción de forraje verde de alta calidad y valor nutritivo utilizando cultivos de grano como el maíz, trigo, cebada, avena y sorgo. Entre estos, el maíz es considerado el más relevante en la alimentación del ganado debido a su contenido de minerales, vitaminas, energía, proteínas y fibra de fácil digestión. En Filipinas, este cultivo es el más sembrado entre los granos, destacándose la región de Luzón Central como una de las principales zonas productoras (Castillo et al, 2023).

El maíz (*Zea mays L.*), perteneciente a la familia Poaceae, es un cereal de gran relevancia y múltiples usos. Se adapta bien a una amplia variedad de climas y tipos de suelo, y tiene una alta demanda nutricional, extrayendo más nutrientes que otros cultivos como las leguminosas y los cereales de grano pequeño. Su cultivo se destina tanto a la alimentación animal (ensilaje y grano) como a otros usos agrícolas, y en Egipto representa el tercer cultivo alimentario más importante, después del trigo y el arroz (Gheith, 2022).

En los últimos años se ha presentado en el país la escasez de pasto debido a la época seca, en consecuencia, algunos bovinos presentan deficiencias en la etapa de crecimiento, llevando consigo a la desnutrición y pérdidas económicas para los productores, por ello se ha implementado el sistema de maíz hidropónico para satisfacer las necesidades alimenticias, capaces de aportar nutrientes requeridos para las diferentes etapas que requiere la producción (Marmolejo Dicado, 2023).

El forraje hidropónico de maíz (FHM) se considera una de las alternativas más eficiente, sustituyendo la escasez de pasturas y alimento concentrado. Es el resultado del proceso de germinación. Consiste en la siembra de granos de maíz que han sido debidamente procesados durante un periodo de 7 a 14 días (Espinoza Vergara & Góngora Quishpe, 2024).

El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento y la calidad nutricional del maíz (*Zea mays*) cultivado mediante técnicas hidropónicas, con el propósito de determinar su viabilidad como una alternativa sostenible y eficiente para la alimentación del ganado bovino, especialmente durante periodos de escasez de forraje. Para ello, se desarrolló una metodología experimental que consistió en el cultivo del maíz hidropónico durante siete días, utilizando granos de alta calidad previamente seleccionados y desinfectados, los cuales fueron sembrados en bandejas. Posteriormente, se analizaron variables como el crecimiento diario del cultivo, empleando una regla y su composición bromatológica, incluyendo humedad, fibra cruda, cenizas, contenido energético y proteína.

La investigación se justifica por una necesidad concreta en la producción ganadera: la falta de forraje en temporadas secas, lo que afecta la nutrición del ganado y genera pérdidas económicas. Este trabajo no responde solo al interés académico, sino que tiene un sustento real en el contexto

productivo. Aporta datos científicos sobre el valor del maíz hidropónico, evalúa su aplicabilidad técnica en diferentes condiciones y representa una alternativa con impacto social y económico positivo, especialmente para pequeños y medianos productores.

2. METODOLOGÍA O MATERIALES Y METODOS

La importancia del marco metodológico descansa en proporcionar información sobre la forma en que se ha desarrollado la investigación y hacer posible su replicabilidad.

El marco metodológico incluye dos partes diferenciadas: los elementos relativos al diseño de la investigación (objeto, tipo de investigación realizada, hipótesis, ámbito del estudio, muestra y tipo de muestreo); y la metodología utilizada (variables y técnicas de investigación, trabajo de campo, protocolos de actuación y tipo de análisis realizados) y plan de análisis, instrumentos utilizados.

El estudio, de tipo experimental con un enfoque cuantitativo y descriptivo, se llevó a cabo en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, específicamente en la ciudadela Martha de Roldós, ubicada en la parroquia Tarqui, al norte de la ciudad correspondiendo a la siguiente coordenada geográfica: 2°08'48.3"S 79°53'16.9"O. Se emplearon granos de *Zea Mays* recolectados de la parroquia Cascol.

El objeto de estudio corresponde al análisis del comportamiento vegetativo y la calidad bromatológica del maíz (*Zea mays*) cultivado en condiciones hidropónicas, considerando su potencial uso en la alimentación de ganado bovino, particularmente en contextos de escasez de forraje tradicional. En la metodología se distinguen las principales variables de estudio; el crecimiento del maíz hidropónico y su composición nutricional.

El tamaño muestral se limitó a 10 plantas debido a las restricciones de espacio y recursos en el sistema hidropónico experimental. Este diseño exploratorio busca aportar datos preliminares que sirvan de base para estudios posteriores con muestras más amplias y análisis estadísticos robustos.

El trabajo de campo conllevó el proceso de cultivo, primera instancia, el maíz fue lavado empleando un remojo en una solución de cloro diluido en agua durante 15 minutos para una desinfección profunda y eliminación de patógenos.

Después, se realizó una exhaustiva selección de los granos, excluyendo acorde a aquellos que tenían una mala coloración, tamaño y consistencia.

Las plantaciones fueron realizadas en bandejas de plástico, previamente desinfectadas, en un inicio, se realizó la metodología de un sistema hidropónico de regado automático, empleando bombas de regado y tubos de PVC, no obstante, esta idea se descartó debido al daño artefactual.



Fig. 1. Limpieza y desinfección del maíz previo al cultivo y selección, procedimiento realizado con la finalidad de obtener semillas de calidad, se empleó un remojo en solución de cloro diluido en agua.

Durante la primera noche, se empleó un medidor de pH, con la finalidad de prevenir la fermentación. Cabe resaltar que, el cultivo se sometió a condiciones climáticas propias de la ciudad de Guayaquil, durante la experimentación, este clima osciló entre los 28° y 30°C, con una humedad entre 73% al 76%, asimismo, la iluminación durante el día fue a través de luz natural mientras que, en las noches se empleó la iluminación del sitio de cultivo mediado con focos y luces led.

Tras la germinación de las semillas, estas fueron sometidas a un constante procedimiento de monitoreo y mantenimiento, es decir; en el transcurso de aproximadamente 7 días, las plantas fueron regadas con un aspersor, y, a su vez, fueron podadas para mantener la sanidad. El cultivo se monitoreó diariamente mediante la inspección visual para determinar la presencia de plagas.

Durante el crecimiento del cultivo se realizaron mediciones diarias del crecimiento de la planta, en grupos de 10, empleando una regla. Para determinar la viabilidad del cultivo hidropónico para la alimentación de bovinos se realizó un análisis bromatológico a través de los siguientes métodos de laboratorio (Tabla 1).

Tabla 1. Metodología del Análisis Bromatológico

Parámetro	Método de Ensayo
Humedad	ME-LB-072 ISO 6496:1999
Fibra Cruda	SE.MI (AOAC 978.10)
Ceniza	ME-LB-088, Método Gravimétrico
Energía Total	Cálculo
Proteína	ME-LB-270, Kjeldahl

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de evaluar el crecimiento y la composición nutricional del forraje hidropónico de maíz (*Zea mays*), motivado por la necesidad de ofrecer alternativas sostenibles para la alimentación bovina en épocas de sequía y escasez de pasto. La

propuesta consistió en implementar el cultivo hidropónico de maíz bajo las condiciones climáticas de Guayaquil, Ecuador, evaluando su desarrollo vegetativo y valor bromatológico mediante parámetros como altura, tasa de crecimiento y contenido de humedad, proteína, fibra, ceniza y energía. Este enfoque busca aportar a pequeños y medianos productores información técnica que les permita considerar esta práctica como una opción de producción rápida y eficiente, destacando su potencial como fuente energética en la dieta bovina.

Los resultados obtenidos muestran un crecimiento acelerado, con una altura máxima de 29 cm en un tiempo estimado de 7 días, al inicio de las mediciones, en el día 1, el promedio de altura durante la germinación fue de aproximadamente 0,8 cm, mientras que al finalizar el día 7 las plantas alcanzaron un promedio de 28,4 cm. Este comportamiento refleja el desarrollo inicial acelerado del maíz bajo las condiciones de cultivo aplicadas, con una velocidad promedio de crecimiento de aproximadamente 4,6 cm por día. El análisis bromatológico reveló un alto contenido de humedad (77,99 %) y energía (101,14 kcal/g), pero bajos niveles de proteína (3,24 %) y fibra (3,08 %), lo que limita su uso como alimento único. Aunque el estudio confirma que el maíz hidropónico es viable como suplemento energético, se evidencia la necesidad de complementarlo con otras fuentes proteicas para cubrir los requerimientos nutricionales del ganado.

Tabla 2. Crecimiento del Maíz bajo cultivo hidropónico (cm)

PLANTA	Día 1 Semilla	Día 2 Germinación	Día 3 Crecimiento	Día 4 Plántula	Día 5 Primeras hojas	Día 6 Desarrollo Foliar	Día 7 Crecimiento Foliar
Planta 1	1	3	9	12	22	23	29
Planta 2	1,2	2	8	13	18	24	28
Planta 3	0,7	2,1	10	13	21	20	27
Planta 4	0,5	1,3	11	12	17	22	29
Planta 5	0,4	4	10	11	20	22	29
Planta 6	1,2	6	9	13	26	25	29
Planta 7	0,7	12	8	15	28	23	28
Planta 8	0,8	8	9	15	20	23	27
Planta 9	0,9	5	7	12	26	24	29
Planta 10	0,6	12	12	13	24	23	29

Tabla 3. Resultados del Análisis Bromatológico

Parámetro	Unidad	Resultado
Humedad	%	77,99
Fibra Cruda	%	3,08
Ceniza	%	0,85
Energía Total	Kcal/g	101,14
Proteína	%	3,24

En el análisis bromatológico, se evidenció diferencias notables, Uvidia et al. (2023), reportan valores proteicos del maíz hidropónico entre 14, 80 y 19,40 constituyendo una gran brecha en relación con nuestro estudio que midió un porcentaje proteínico de 3,24% (Zainab et al.,2019), reportaron que al día 8 de crecimiento el valor proteico era de 13,03%, siendo diferente a nuestros datos, por otra parte, la fibra cruda evaluada a los 8 días reveló un porcentaje de 10,4% mientras que a los 2 días fue de 3,1% este último valor, circunda el porcentaje calculado en la etapa final de nuestro cultivo, el contenido de cenizas se vio igualmente disminuido, aunque no en una gran magnitud como lo observado, destacando un valor de 0,85% propio de nuestro estudio en comparación con el valor fluctuante de 1,1 al 1,75% reportado por Zainab. Estos valores observados en comparación denotan una deficiencia nutricional en el cultivo generado, esto, puede deberse al uso de soluciones nutritivas para enriquecer el cultivo o bien a las diferencias de técnicas aplicadas.

La energía total también se encontró disminuida 101, 14 kcal/g se obtuvo de nuestro análisis bromatológico, Lazo (2023), señala en su revisión que, a los 12 días del cultivo de maíz hidropónico la energía, es de 4311.21 kcal/kg, lo que difiere de nuestros resultados. En contraste, la humedad fue el único valor aumentado, ya que, Lazo menciona también una humedad de 42,13%. Es necesario resaltar que, la energía total o energía bruta no es un indicador confiable de la calidad de un alimento, debido a la variabilidad que existe en el uso de la energía entre las diferencias en la digestibilidad y en el metabolismo de los animales. Por esta razón, la energía bruta no resulta adecuada para formular dietas ni para comparar diferentes materias primas (Elizondo, 2020).

Sánchez et al. (2020) evaluaron cuatro variantes de forraje hidropónico de maíz para alimentación animal. En cuanto al contenido de proteína, la variante Trueno NB7443 presentó el valor más alto con un 3,12 %, siendo ligeramente superior al obtenido en nuestro estudio. En contraste, la variedad Pioneer 30K73 registró el valor más bajo, con un 2,96 %. El contenido de cenizas mostró una diferencia considerable entre los valores reportados por los autores y los hallados en este análisis, siendo el valor más alto de 0,41 % frente al 0,85 % registrado en nuestra investigación. En relación con la fibra cruda, nuestras muestras presentaron un contenido superior. Por otro lado, el porcentaje de humedad fue menor en nuestro estudio, ya que Sánchez et al. reportan valores entre 83,89 % y 85,75 %.

Sobur et al. (2025) señalan que el forraje hidropónico se distingue por su perfil nutricional superior respecto al cultivado de manera convencional, destacando un elevado contenido proteico (29,87 %) y un nivel de nitrógeno del 4,6 %. Este incremento se atribuye a la activación enzimática que ocurre durante la germinación, la cual potencia el metabolismo del nitrógeno y la síntesis de proteínas. Asimismo, la mayor disponibilidad de aminoácidos favorece el crecimiento y la reproducción del ganado. En términos generales, el valor nutritivo del maíz, sin considerar el

sistema hidropónico, varía en función del tipo y la variedad utilizada, así como de las condiciones ambientales y del manejo agronómico aplicado (Sierra-Macías et al., 2010).

Para evaluar su consumo en bovinos, se debe determinar las necesidades nutricionales, reconociendo que, acorde a la edad, estado reproductivo, peso y producción, esta cambiará. El maíz hidropónico presentó alta energía (101,14 kcal/g) pero bajo contenido proteico (3,24 %). Trevizan y Challapa (2020) indican que el contenido de proteína cruda en el forraje constituye un factor determinante para garantizar un desarrollo óptimo en los animales. Se establece como umbral mínimo un valor superior al 7 %, necesario para evitar una reducción en el consumo de materia seca y prevenir alteraciones en los procesos de fermentación ruminal. En el presente estudio, no obstante, los niveles de proteína cruda obtenidos se situaron por debajo de dicho requerimiento. Según Meehan et al. (2021), una mayor ingesta energética reduce la degradación ruminal de proteínas y aumenta el flujo de nitrógeno al intestino, lo que mejora la retención proteica si hay suficiente aporte de aminoácidos. Por tanto, el uso de maíz hidropónico como fuente energética requiere suplementación proteica para equilibrar la dieta y optimizar la fermentación ruminal.

En cuanto al crecimiento, Celi y Torres (2023) evaluaron el crecimiento del maíz en cultivo hidropónico bajo dos tratamientos: un grupo testigo (con agua solamente) y un grupo con la aplicación de microorganismos eficientes. Curiosamente, el grupo testigo mostró un mayor crecimiento.

En nuestro caso, aunque no se incluyó un tratamiento para potenciar el desarrollo del cultivo, se empleó la misma metodología utilizada en el grupo control de su estudio. Sin embargo, nuestros datos evidencian un crecimiento superior en un período de 7 días, alcanzando una altura máxima de 29 cm, lo que contrasta con los resultados reportados por Celi y Torres en el mismo período.

Esta tendencia en el crecimiento se mantiene al comparar con estudios internacionales, como el de Chiquito-Contreras et al., (2024), quienes evaluaron el cultivo de maíz hidropónico con diferentes concentraciones de solución nutritiva mineral.

En su tratamiento más efectivo (variedad Sinaloa con 50 % de solución nutritiva), las plantas alcanzaron una altura máxima de 17,25 cm a los 14 días; en el mismo periodo, la variedad Sinaloa con una concentración del 0 % alcanzó 15,38 cm, evidenciando tasas de crecimiento aproximadas de 1,23 cm/día y 1,09 cm/día, respectivamente.

En contraste, nuestras plantas alcanzaron hasta 29 cm en solo 7 días, lo que representa una tasa promedio cercana a 4,6 cm/día, evidenciando un desarrollo inicial más acelerado, incluso sin el uso de soluciones nutritivas especializadas ni bioestimulantes externos.

4. CONCLUSIONES

En conclusión, el cultivo de maíz (*Zea mays*) mediante técnicas hidropónicas demostró un crecimiento vegetativo acelerado y continuo durante los primeros siete días, evidenciando su viabilidad agronómica bajo condiciones controladas. Asimismo, se observó un desarrollo rápido en comparación con lo reportado por otros autores, lo que refuerza su potencial como alternativa productiva. Es importante señalar que el tamaño de muestra reducido limita la generalización de los resultados; no obstante, el estudio cumple un papel exploratorio que aporta evidencia inicial sobre la viabilidad del maíz hidropónico en condiciones locales.

El alto contenido de humedad encontrado corresponde a una característica inherente al forraje hidropónico, pero también representa un factor crítico a considerar en su manejo y almacenamiento. A pesar de estas limitaciones, el trabajo cumple con el objetivo de evaluar la viabilidad del maíz hidropónico como alternativa frente a la escasez de pasto, aportando datos experimentales iniciales sobre su crecimiento y composición nutricional. No obstante, se insiste en la necesidad de que futuras investigaciones amplíen de manera significativa el número de unidades experimentales y repeticiones, con el fin de obtener resultados más robustos, comparables y estadísticamente confiables.

La investigación representa un aporte al conocimiento técnico sobre sistemas sostenibles de alimentación animal, especialmente en el contexto de producción de biomasa vegetal en espacios reducidos y con recursos limitados. Como recomendaciones, se sugiere implementar pruebas con soluciones nutritivas especializadas o bioestimulantes, ensayos en diferentes tiempos de cosecha y estudios a mayor escala que incluyan evaluaciones de digestibilidad in vivo en bovinos, lo que permitirá determinar con mayor precisión la viabilidad del maíz hidropónico en distintas etapas productivas y reproductivas.

CONFLICTO DE INTERESES

Los Autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA (Obligatorio)

Participar activamente en:	Campuzano	Cedeño	Cortez	Terrero	Novillo	González
Conceptualización	X	X	X			x
Análisis formal	X	X	X			x
Adquisición de fondos						x
Investigación	X	X	X			x
Metodología	X	X	X			x
Administración del proyecto	X	X	X			x
Recursos	X	X	X			x
Redacción –borrador original	X	X	X			x
Redacción –revisión y edición	X	X	X	x	x	x
La discusión de los resultados	X	X	X	x	x	x
Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.	X	X	X	x	x	x

REFERENCIAS

- Gheith, E., El-Badry, O., Lamlom, S., Ali, H., Siddiqui, M., Ghareeb, R., El-Sheikh, M., Jebril, J., Abdelsalam, N. y Kandil, E. (2022). Maize (*Zea mays* L.) productivity and nitrogen use efficiency in response to nitrogen levels and application timings. *Frontiers in Plant Science*, 13, Article 941343. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.941343>
- Rajaseger, G., Chan, K., Yee, K., Ramasamy, S., Khin, M., Amaladoss, A., y Kadamb, P. (2023). Hydroponics: current trends in sustainable crop production. *Bioinformation*, 19(9), 925–938. <https://doi.org/10.6026/97320630019925>
- Castillo, C., Llantada, P., Baltazar, C., Uy-De Guia, M., Amido, R., y Del Barrio, A. (2023). Nutritional Evaluation of Hydroponic Corn Fodder and its Effect as Substitute for Feed Concentrates for Buffalo Calves. *Philipp Agric Scientist*, 106 (4), 369-379. https://www.researchgate.net/publication/376199106_Nutritional_Evaluation_of_Hydroponic_Corn_Fodder_and_its_Effect_as_Substitute_for_Feed_Concentrates_for_Buffalo_Calves
- Celi, K. y Torres, T. (2023). Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) con aplicación de microorganismos eficientes. *Revista Criterios*, 30(2), 43-50. <https://doi.org/10.31948/rev.criterios/30.2-art3>
- Chiquito, C., Cocoltzi, E., y Ricaño, J. (2024). Hydroponic corn (*Zea mays* L.) fodder production through the implementation of mineral fertilization: a comparative study. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i3.2580>
- Elizondo, J. (2020). Estimación de la Energía Calórica en Alimentos para Ganado de Leche Según el Modelo del NRC (2001). *Nutrición Animal Tropical* 14(2): 39-50. <https://doi.org/10.15517/nat.v14i2>
- Lazo, L. (2023). Producción de Biomasa y Calidad Nutritiva del Forraje Verde Hidropónico del Zea Mays (maíz) a Diferentes Edades de Cosecha, en Tingo María [Trabajo de titulación de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2394>
- Marmolejo, A. (2023). Uso de maíz forrajero hidropónico en la alimentación del ganado vacuno en Ecuador [Trabajo de titulación de grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/15269/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000310.pdf?sequence=1>
- Meehan, D., Cabrita, A., Maia, M., y Fonseca, A. (2021). Energy: Protein Ratio in Ruminants: Insights from the Intragastric Infusion Technique. *Animals*, 11(9), 2700. <https://doi.org/10.3390/ani11092700>
- Sánchez, A., Zambrano, M., López, D., y Casignia, D. (2020). Forraje hidropónico de maíz: análisis bromatológico de cuatro híbridos de maíz para alimentación animal. *RECIAMUC*, 4(2), 76-80. <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/481>
- Sierra, M., Palafox, A., Vázquez, G., Rodríguez, F., y Espinosa, A. (2010). Caracterización agronómica, calidad industrial y nutricional de maíz para el trópico mexicano. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 21-29. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000100003&lng=en&tlng=es
- Sobur, K., Ghosh, P., Haq, M., Pranto, R., Bithi, A., Hossen, M., Jabir, A., Biswas, L., Munim, S. y Rahman, M. (2025). Forraje hidropónico: Una solución sostenible para mejorar la nutrición y la productividad del ganado. *Revista de Investigación Acuática y Sostenibilidad*, 2(2): 30-35. <https://doi.org/10.69517/jars.2025.02.02.0005>
- Trevizan, J. y Challapa, G. (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. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000300113>

Zainab, S., Iram, I., Shahzad, K. y Mahar, M. (2020). Nutritional composition and yield comparison between hydroponically grown and commercially available Zea mays L. fodder for a sustainable livestock production. Maydica, 64 (9), 1-7. https://www.researchgate.net/publication/341159653_Nutritional_composition_and_yield_comparison_between_hydroponically_grown_and_commercially_available_Zea_mays_Lfodder_for_a_sustainable_livestock_production