

Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) con aplicación de microorganismos eficientes

Kristley David Celi Sabando¹

Tairy Eliana Torres Avellan²

Cómo citar este artículo / To reference this article / Para citar este artículo: Celi-Sabando, K. D. y Torres-Avellan, T. E. (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>

Fecha de recepción: 06 de marzo de 2023

Fecha de revisión: 18 de mayo de 2023

Fecha de aprobación: 20 de junio de 2023



Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo, evaluar el efecto de microorganismos eficientes (EM) en el cultivo de forraje verde hidropónico (FVH) de maíz dentro del cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, Ecuador. Se hizo la evaluación de dos tratamientos T1 y T2, donde el 1 fue el testigo (solo agua), mientras que el 2 fue aplicación de EM al 10 %. En cada unidad experimental se utilizó 0,75 kg de maíz criollo, de donde se seleccionó 15 plantas de muestra y se evaluó: porcentaje de germinación, altura de planta y peso de materia fresca. El riego se aplicó diariamente en tres momentos (mañana, medio día y tarde) y se adicionó los EM (al tratamiento correspondiente) en una dosificación de 10 % (dosis recomendada) del volumen de agua a utilizar. La dosis de agua fue de 0.9 litros /m² donde cada siete bandejas corresponden a un metro cuadrado. En todos los puntos de medición (7, 10 y 12 días), T1 superó a T2 en términos de altura de planta y peso. El porcentaje de germinación fue similar en ambos tratamientos, con un promedio del 91,83 %. Aunque los microorganismos eficientes (EM) son conocidos por su capacidad para mejorar el rendimiento de los cultivos, en este estudio no se observó una mejora en el crecimiento del forraje verde hidropónico de maíz con la aplicación de EM.

Palabras clave: agricultura sustentable; forraje verde hidropónico; microorganismos eficientes; nutrición complementaria; prácticas de cultivo.



Artículo resultado de la investigación titulada: Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) con aplicación de microorganismos eficientes en la ciudad de Quinindé, desarrollada desde el 14 de junio de 2022 hasta el 27 de septiembre de 2022, en la provincia de Esmeraldas, Ecuador.

¹ Ingeniero Agropecuario - Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Correo electrónico: kceli@institutoquininde.tech – kristleyceli@gmail.com Código Filiación institucional: docente de cultivos de ciclo corto y cultivos de ciclo perennes del Instituto Superior Tecnológico Quinindé.  

² Ingeniera Agrónoma - Universidad EARTH, Costa Rica. Correo electrónico: tetorres@institutoquininde.tech / taitorres22@gmail.com Filiación institucional: Instituto Superior Tecnológico Quinindé.  

Production of hydroponic green fodder from corn (*Zea mays* L.) with the application of efficient microorganisms

Abstract

The present research was aimed to evaluate the effect of efficient microorganisms (EM) on the cultivation of hydroponic green fodder (FVH) of maize within the canton of Quinindé, province of Esmeraldas, Ecuador. Two treatments, T1 and T2, were evaluated; treatment 1 was the control (water only), while treatment 2 was the application of EM at 10%. In each experimental unit, 0.75 kg of native maize was used, from which 15 sample plants were selected and the following were evaluated: germination percentage, plant height, and fresh matter weight. Watering was performed daily at three times (morning, noon and afternoon) and EM was added (to the corresponding treatment) at a dosage of 10% (recommended dosage) of the volume of water to be used. The water dosage was 0.9 L/m², with every seven trays corresponding to one square meter. At all-time points (7, 10, and 12 days), T1 exceeded T2 in plant height and weight. Germination percentage was similar in both treatments, averaging 91.83%. Although efficient microorganisms are known for their ability to improve crop yields, no improvement in the growth of hydroponically grown corn greens was observed with the application of EMs in this study.

Keywords: sustainable agriculture; hydroponic green forage; efficient microorganisms; complementary nutrition; cultivation practices.

Produção de forragem verde hidropônica de milho (*Zea mays* L.) com aplicação de microrganismos eficientes

Resumo

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito de microrganismos eficientes (EM) no cultivo de forragem verde hidropônica (FVH) de milho no cantão de Quinindé, província de Esmeraldas, Equador. Foram avaliados dois tratamentos, T1 e T2, onde o tratamento 1 foi o controle (somente água), enquanto o tratamento 2 foi a aplicação de EM a 10%. Em cada unidade experimental, utilizou-se 0,75 kg de milho crioulo, do qual foram selecionadas 15 plantas de amostra, e avaliou-se: percentual de germinação, altura da planta e peso da matéria fresca. A irrigação foi aplicada diariamente em três momentos (manhã, meio-dia e tarde) e foram adicionados EM (ao tratamento correspondente) numa dosagem de 10% (dose recomendada) do volume de água a ser utilizado. A dose de água foi de 0,9 litros /m², onde cada sete bandejas correspondem a um metro quadrado. Em todos os pontos de medição (7, 10 e 12 dias), o T1 superou o T2 em termos de altura da planta e peso. O percentual de germinação foi semelhante em ambos os tratamentos, com uma média de 91,83%. Embora os microrganismos eficientes (EM) sejam conhecidos por sua capacidade de melhorar os rendimentos das culturas, neste estudo, não foi observada uma melhoria no crescimento da forragem verde hidropônica de milho com a aplicação de EM.

Palavras-chave: agricultura sustentável; forragem verde hidropônica; microrganismos eficientes; nutrição complementar; práticas de cultivo.



Introducción

La alimentación animal en América Latina está en constante innovación, implementando metodologías de máximo aprovechamiento de recursos, adoptando nuevas tecnologías y prácticas en el área del manejo animal (Rangel, 2019). En Ecuador, la ganadería depende del pastoreo, debido a su bajo costo y a que ofrece un amplio espectro de nutrientes esenciales para el desarrollo animal (León et al., 2018), lo cual también está limitado por los bajos rendimientos en el sector de los pequeños y medianos ganaderos, causado por suelos desgastados y degradados y, una estación forrajera dependiente de las estaciones del año, problemas que limitan la disponibilidad de alimento para el ganado, lo que a su vez afecta la producción y rentabilidad en el sector ganadero, entre otros.

Las zonas tropicales presentan una variación climática marcada; sumada a la baja calidad de los forrajes utilizados dentro de los sistemas de producción agropecuaria, desencadenan un inadecuado desarrollo de las especies explotadas; de esta forma, los productores se ven obligados a suministrar alimentos de mayor precio como los suplementos concentrados, de suerte que puedan cubrir el requerimiento del animal.

En este sentido, el cantón Quinindé presenta algunas problemáticas en cuanto a la consecución de alimento para ganado y algunas especies de aves en la época de verano, replicando lo que acontece con respecto a la costa en Ecuador. Por lo tanto, existe la necesidad de implementar alternativas de producción de recursos alimenticios para el suministro de estos requerimientos, siendo el forraje verde hidropónico (FVH), un sistema que permite obtener rápidamente, a bajo costo y de forma sostenible, un forraje fresco, sano, limpio y de alto valor nutricional, como suplemento en cualquier época del año (Ramírez y Soto, 2017).

El estudio de Tomalá (2021) en Santa Elena, Ecuador, determinó que el FVH es una excelente alternativa para la alimentación bovina, cuya aplicación de varios estimulantes permitió alcanzar rendimientos sobre la media, sin presentar toxinas perjudiciales para el ganado, dando resultados satisfactorios y demostrando que las zonas semiáridas no son limitantes para la producción de forrajes hidropónicos.

El FVH es usado para la producción de biomasa de origen vegetal; se obtiene a través de la

germinación de semillas de cereales; es de alta digestibilidad; su contenido nutricional es elevado y apto para alimento animal. La forma de producir el forraje es en ausencia de suelo, condiciones aptas para controlar factores ambientales como luz, temperatura y humedad. Los granos más utilizados son los de maíz, avena, trigo, cebada, entre otros.

En esta investigación se utilizó maíz como materia prima para la producción de forraje, siendo esta semilla la más adaptada a la zona y la de mayor acceso para los pequeños y medianos productores. A nivel internacional, la información reportada presenta variabilidad en aspectos técnicos y metodológicos tales como el clima, genotipos usados, densidades de siembra, aporte de nutrientes, días de cosecha, manejo del riego y, de forma específica, en la nutrición y uso de productos promotores de crecimiento (Núñez-Torres y Guerrero-López, 2021).

El estudio se complementó con la aplicación de Microorganismos Eficientes (ME), que son consorcios microbianos benéficos, conformados por: bacterias fototróficas, ácido lácticas, levaduras y hongos fermentadores, teniendo beneficios de antibiosis, aumento de masa radicular y pelos absorbentes e, incremento de la actividad fotosintética y emisión foliar. Machaca et al. (2021) afirman que, al ser usados en forma adecuada en la producción de FVH, no es necesario agregar fertilizantes ni plaguicidas químicos. Con base en estas consideraciones, la investigación buscó evaluar el efecto de los EM en el cultivo de FVH de maíz (*Zea mays*) dentro del cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Metodología

La investigación fue de tipo experimental aplicada. Para el análisis estadístico, se distribuyó las bandejas en dos tratamientos: T1 y T2. El tratamiento 1 fue el testigo (solo agua), mientras que el tratamiento T2 fue al que se le aplicó los ME. Cada tratamiento constó de siete unidades experimentales, de las cuales se hizo tres repeticiones.

En cada unidad experimental se utilizó 0,75 kg de maíz criollo, del cual se seleccionó 15 plantas de muestra; por tanto, se midió: porcentaje de germinación a los cuatro días después de la siembra (ddp), altura media de planta y peso promedio de materia fresca. En cuanto a la medición del porcentaje de germinación y mortalidad, se utilizó 100 semillas por

separado. A los cuatro días ddp, se contó las semillas que habían germinado. La germinación se consideró exitosa si se observaba la radícula emergiendo de la semilla. El porcentaje de germinación se calculó como el número de semillas germinadas dividido por el número total de semillas sembradas (100), multiplicado por 100 y la mortalidad, la diferencia restante.

Las variables medidas fueron de tipo cuantitativas continuas, tomadas a los siete, diez y doce días. Para el análisis estadístico se usó la prueba T de Student para comparar las medias de los tratamientos y, el coeficiente de correlación de Pearson para el análisis entre variables.

El estudio se llevó a cabo en un galpón o *shed* con un ambiente aislado en las instalaciones del Instituto Superior Tecnológico Quinindé (IST Quinindé). Se colocó 5,25 kg de semilla de maíz por tratamiento; cada uno se replicó tres veces, dando un total de 31,5 kg para toda la investigación. En cuanto a los ME, se empleó la marca comercial Agro Total Pack, que es comercializado como un producto con cepas de alta pureza (*B. subtilis*, *B. megaterium*, *L. acidophilus*, *L. plantarum*, entre otros), siendo un medio de cultivo enriquecido con vitaminas, macro y micronutrientes. El riego se aplicó diariamente distribuido en tres dosificaciones (mañana, mediodía y tarde) y, se adicionó los M.E. al tratamiento correspondiente en una dosificación de 10 % (dosis recomendada por el producto) del volumen de agua a utilizar. La dosis de agua fue de 0,9 litros de agua/m², donde cada siete bandejas correspondieron a un metro cuadrado.

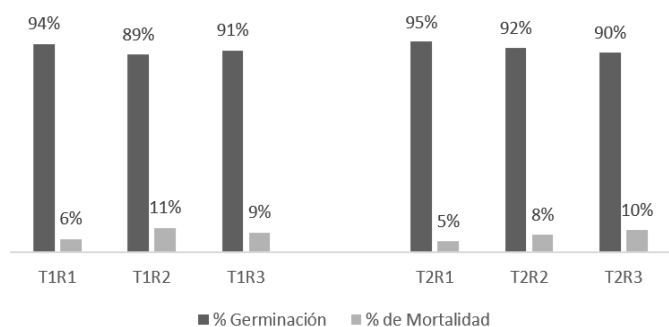
Resultados

- Porcentaje de germinación

La germinación de las semillas fue evaluada a los cuatro días; en la Figura 1 se representa los resultados obtenidos.

Figura 1

Porcentaje de germinación y mortalidad de semillas de maíz



No se halló una diferencia significativa entre medias del porcentaje de germinación de los tratamientos T1 y T2; con T1, mostró un porcentaje de germinación del 91 % y con T2 del 92 %. Esto sugiere que la dosis utilizada de ME no tuvo un efecto en la germinación de las semillas de maíz. El análisis estadístico (Tabla 1) mostró que la diferencia entre las medias no es significativa, lo que refuerza la idea de que no se puede concluir que la aplicación de ME haya influido en el proceso de germinación. Cabe señalar que este resultado podría deberse a diversos factores, como la dosis de ME utilizada, las condiciones ambientales, las características de las semillas de maíz, entre otros.

Tabla 1

Prueba t en % de germinación

	T1R1	T2R1
	T1R2	T2R2
	T1R3	T2R3
n	3	3
Media	91,33	92,33
Media (1)-		
Media (2)	-1	
LI (95)	-6,71	
LS (95)	4,71	
pHomVar	>0,9999	
T	-0,49	
p-valor	0,652	

- Mediciones a los siete días

Se tomó medidas a los siete días, que corresponden a altura en cm. En la Tabla 2 se evidencia los resultados obtenidos. Existe diferencia significativa dentro de la variable 'Respuesta de los tratamientos', siendo T1 el testigo, que presentó mayor altura promedio con respecto al tratamiento con adición de ME.

Tabla 2

Altura de planta (cm) a los siete días después de la siembra (ddp)

	T1	T2
n	104	104
Media	3,7	2,83
Varianza	0,67	0,65

Media (1)-	
Media (2)	0,87
LI (95)	0,65
LS (95)	1,1
pHomVar	0,8972
T	7,75
p-valor	<0,0001

Con respecto al peso de las bandejas, a los siete días se observó unas diferencias significativas entre los resultados de los tratamientos: T1 Testigo alcanzó una media de 0,90 kg de peso con respecto a los resultados de T2 con ME, que alcanzó 0,81 kg (Tabla 3).

Tabla 3

Peso de bandejas (kg) por tratamiento a los siete días (ddp)

	T1	T2
n	7	7
Media	0,9	0,81
Varianza	3,00E-03	2,10E-04
Media (1)-		
Media (2)	0,09	
LI (95)	0,04	
LS (95)	0,14	
pHomVar	0,0054	
T	4,01	
p-valor	0,0052	

- Mediciones a los diez días

También se midió a los diez días; las variables evaluadas fueron altura y peso de las bandejas. Dentro de los resultados obtenidos se evidencia diferencias significativas entre resultados de los tratamientos. Con respecto a la variable 'Altura', T1 alcanzó 12,84 cm y T2, con presencia de microorganismos, tuvo una altura promedio de 7,42 cm (Tabla 4).

Tabla 4

Altura de plantas (cm) a los diez días

	T1	T2
n	105	105
Media	12,84	7,42
Varianza	2,21	2,89

Media (1)-	
Media (2)	5,42
LI (95)	4,99
LS (95)	5,86
pHomVar	0,1702
T	24,6
p-valor	<0,0001

En la medición a los diez ddp, T1 obtuvo un peso medio de 1,27 kg mientras que en T2 fue de 1,14 kg. El tratamiento con adición de microorganismos presentó altura y peso promedios significativamente menores que los correspondientes del tratamiento testigo, que tuvieron riego con agua sin adición de microorganismos (Tabla 5).

Tabla 5

Peso de bandejas (kg) por tratamiento a los diez días ddp

	T1	T2
n	7	7
Media	1,27	1,14
Varianza	0,01	3,6E-03
Media (1)-		
Media (2)	0,12	
LI (95)	0,05	
LS (95)	0,20	
pHomVar	0,6367	
T	3,49	
p-valor	0,0045	

- Mediciones a los doce días

Para finalizar, a los doce ddp se evaluó la variable 'Altura de planta'. En la Tabla 6 se muestra los resultados obtenidos:

Tabla 6

Altura de planta a los doce días (cosecha)

	T1	T2
n	104	104
Media	19,34	17,02
Varianza	3,96	0,75
Media (1)-		
Media (2)	2,32	

LI (95)	1,89
LS (95)	2,74
pHomVar	<0,0001
T	10,88
p-valor	<0,0001

En cuanto a los resultados obtenidos, se evidencia diferencias significativas entre los resultados de los tratamientos: T1, siendo el testigo con riego únicamente de agua, obtuvo altura mayor en el tiempo de estudio; la altura alcanzada fue de 19,34 cm, mientras que T2, con adición de ME, alcanzó 17,02 cm.

En la variable 'Peso de bandejas', según la Tabla 7, el tratamiento T1 alcanzó el peso más alto, 2,84 kg con respecto a T2, que obtuvo 2,34 kg. Al igual que en las demás mediciones, el tratamiento con agua presentó mejor respuesta que el tratamiento con adición de ME.

Tabla 7

Peso de bandejas (kg) por tratamiento a los doce días ddp

	T1	T2
n	7	7
Media	2,84	2,34
Varianza	3,96	0,75
Media (1)-		
Media (2)	0,50	
LI (95)	0,32	
LS (95)	0,68	
pHomVar	0,4833	
T	6,19	
p-valor	<0,0001	

Tabla 8

Análisis de Pearson entre altura de planta y peso de bandeja

	Peso/ Bandeja	Prom. Altura/ Bandeja
Peso/Bandeja	1	1,20E-05
Prom. Altura/ Bandeja	0,9	1

Según la Tabla 8, el análisis de Pearson refleja una alta relación entre los valores promedio de altura y el peso (0,9), por lo que se puede

inferir que, si se incrementa la altura de la planta, se incrementa de igual manera el peso obtenido por bandeja.

Aunque la relación entre la altura de la planta y el peso del follaje puede ser intuitiva, esta investigación ofrece una cuantificación precisa de esta correlación en el marco del cultivo de FVH de maíz en el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, Ecuador. Estos datos proporcionan información esencial para los agricultores locales y otros investigadores interesados en optimizar la productividad de este cultivo en este entorno particular.

Discusión

El uso de ME en la producción de FVH de maíz puede mejorar significativamente la calidad y cantidad del forraje producido. Estos microorganismos promueven la biodisponibilidad de nutrientes, aumentan la actividad metabólica de las plantas, reducen la presencia de patógenos y mejoran significativamente la germinación temprana. Además, pueden reducir los costos de producción y mejorar la sostenibilidad de la producción del producto.

Melgarejo et al. (2010) aducen que la germinación se ve influenciada por factores internos y externos, siendo la viabilidad de la semilla, dormancia y cantidad utilizada, influyentes dentro del proceso, además de la disponibilidad de agua y las variables climáticas de la zona. Machaca-Tomaylla (2021) presenta como resultados, una germinación del 88 % en maíz, con una dosis de 0,25 % y 0,50 % de ME (no existió diferencia significativa entre las medias de germinación de ambas dosis), % de germinación más bajo con respecto a los obtenidos en la presente investigación. Sin embargo, el dato es de relevancia, ya que evidencia la poca influencia de los ME en el proceso germinativo, al igual que los obtenidos con la presente investigación y, al contrario, aduce los beneficios dentro de la generación de biomasa en días posteriores con las demás variables evaluadas.

En cuanto a la variable de altura de planta, Méndez y González (2018) evidencian resultados mayores a los de la presente investigación, alcanzando alturas de 28,08 cm con adición de ME y 26,20 bajo riego solo con agua; por otra parte, Ramírez y Soto (2017) alcanzaron una altura en el testigo de 26,71 cm, mientras que con la adición de estimulante de crecimiento obtuvieron una altura promedio de 26,05 cm; Valdez-Sandoval et al. (2022)

lograron resultados superiores, donde la altura alcanzada (6 a 8 cm) fue menor en la misma cantidad de tiempo que la del presente estudio. Se puede inferir que el poco crecimiento pudo estar vinculado a la baja calidad genética de la semilla usada.

Respecto a la generación de biomasa, Machaca-Tomaylla (2021) obtuvo un peso de 9,60 kg de follaje por bandeja; sin embargo, el material genético utilizado era altamente forrajero, a diferencia del usado en la presente investigación, el cual era maíz criollo y que, por sus características en adaptabilidad, mostró buena germinación, aunque no alcanzó un desarrollo significativo, dando una cantidad baja respecto al rendimiento de kg/área producida.

Para efectos de la discusión, se ha comparado la producción del FVH con otros estudios, como el de Machaca-Tomaylla (2021) y Sánchez-Sánchez y Villalta (2014), quienes efectuaron trabajos con tres dosis de ME en la fertilización del FVH, siendo la dosis de 0,25 % la que presentó un mayor desarrollo en la planta; esta dosis es significativamente menor a la que se usó dentro de la presente investigación (10 %), misma que fue recomendada por la casa comercial; sin embargo, no se había realizado investigaciones del uso del producto dentro de la producción de forrajes hidropónicos.

En conclusión, los ME presentan un notable impacto en la producción de biomasa, incrementando la capacidad fotosintética de los cultivos y su habilidad para absorber agua y nutrientes, gracias a la colonización de bacterias y levaduras que contienen (Salas-Pérez et al., 2010). Considerando el efecto de los ME y la eficiencia del método de producción utilizado, es relevante notar que la producción de FVH tiene un ciclo que no excede los doce días; por lo tanto, para futuras investigaciones se sugiere ampliar el período de estudio y realizar tomas que permitan observar el desarrollo fisiológico, contemplando el metabolismo de la planta y cómo el producto incide en esta fase inicial.

Además, se recomienda probar al menos dos concentraciones más altas de ME de las ya ensayadas, para evaluar su efecto sobre el rendimiento del cultivo y la eficiencia en la producción de biomasa. Paralelamente, es esencial realizar un análisis económico para determinar la eficiencia de costos y la viabilidad económica de utilizar este producto comercial. El uso de diferentes concentraciones permitirá identificar un equilibrio óptimo entre

el rendimiento del cultivo y el costo de los insumos, aportando valiosa información para la toma de decisiones en la agricultura local y regional.

Conclusiones

No se tuvo diferencia estadísticamente significativa entre las medias de germinación en los tratamientos, por lo cual los ME no fueron efectivos para mejorar la germinación.

Los ME al 10 % no tuvieron efecto positivo en las variables 'Altura de planta' y 'Peso de follaje' con respecto al testigo; al contrario, el tratamiento testigo fue el que destacó en ambas variables.

La dosis utilizada de ME fue alta con respecto a la usada en investigaciones similares, por lo cual pudo incidir negativamente en la producción y desarrollo del FVH.

Las semillas utilizadas no cuentan con potencial forrajero, por lo que se aduce que la baja productividad y desarrollo del FVH en ambos tratamientos podría ser causa de bajo potencial genético.

Para la semilla de maíz utilizada y bajo las condiciones específicas de nuestro experimento, el producto comercial aplicado, es decir los ME, no parecen ser adecuados para mejorar la germinación y producción de FVH.

Conflicto de interés

Los autores de este artículo declaran no tener ningún conflicto de intereses sobre el trabajo presentado

Responsabilidades éticas

En este trabajo, todas las investigaciones que involucraron seres humanos fueron llevadas a cabo de manera ética y se obtuvo el consentimiento informado debidamente diligenciado de todos los participantes. Además, se logró la aprobación del Comité de Ética o Bioética correspondiente en la institución donde se realizó la investigación.

Referencias

- León, R., Bonifaz, N. F. y Gutiérrez, F. A. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador. Siembra y producción de pasturas*. Editorial Abya-Yala
- Machaca-Tomaylla, R. M. (2021). *Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficaces en el cultivo de forraje verde hidropónico de Triticum aestivum 'trigo', Hordeum vulgare 'cebada' y Zea mays 'maíz'. Ayacucho-2019* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/4484/1/TESIS%20B865_Mac.pdf.
- Machaca, R. M., Ochoa, W. W., Ochoa, D. W. y Juárez, G. H. (2021). *Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficaces en el cultivo de forraje verde hidropónico*. Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo (UNAT).
- Melgarejo, L., Romero, M., Hernández, S., Barrera, J., Solarte, M. E., Suárez, D. y Pérez, W. (2010). *Experimentos en fisiología vegetal*. Universidad Nacional de Colombia.
- Méndez, A. Y. y González, V. C. (2018). *Evaluación de dos fertilizantes orgánicos en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) en el Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa, durante el periodo de enero-marzo, 2018* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/3757/>
- Núñez-Torres, O. P. y Guerrero-López, J. R. (2021). Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 8(1), 44-52. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2021.080100044>
- Ramírez, C. y Soto, F. (2017). Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía Costarricense*, 41(2), 79-91. <https://dx.doi.org/10.15517/rac.v41i2.313011>
- Rangel, J. (2019). Adopción de innovaciones y prácticas organizativas de manejo, alimentación y reproducción en pequeñas unidades de producción de vacunos de doble propósito en México. <https://www.redalyc.org/journal/959/95950495007/html/>
- Salas-Pérez, L., Preciado-Rangel, P., Esparza-Rivera, J. R., Álvarez-Reyna, V. P., Palomo-Gil, A., Rodríguez-Dimas, N. y Márquez-Hernández, C. (2010). Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 355-360.
- Sánchez-Sánchez, E. A. y Villalta, M. (2014). *Evaluación de tres niveles de microorganismos eficientes activados (EM-A) en la fertilización de cultivos de forraje verde hidropónico (FVH) en la quinta experimental Punzara de la UNL* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/12365>
- Tomalá, N. M. (2021). *Producción de forraje verde hidropónico bajo la aplicación de biofertilizantes* [Tesis de Pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Helena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5694>
- Valdez-Sandoval, C., Díaz Rodríguez, M., Guerra-Centeno, D., 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. <https://doi.org/10.36958/sep.v5i2.116>

Contribución

Kristley David Celi Sabando: investigador principal. Procesamiento estadístico de datos, escritura de materiales, métodos y manuscrito, obtención de los resultados.

Tairy Eliana Torres Avellán: investigadora principal, redacción de manuscritos, consolidación de referencias, interpretación de resultados y análisis crítico del documento.

Los autores participaron en la elaboración del manuscrito, lo leyeron y aprobaron.