

**Forraje verde
hidropónico de sorgo
(*Sorghum forrajero*) y
maíz (*Zea mays*) a dos
densidades de siembra**



Forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum forrajero*) y maíz (*Zea mays*) a dos densidades de siembra

Hydroponic green forage of sorghum (Sorghum forrajero) and corn (Zea mays) at two planting densities

González Buitrón, Karina Tatiana ¹   González Sanango, Holger ¹  
Coello Merchán, Betsy Maribel ¹  

¹ Ecuador, Santo Domingo, Instituto Superior Tecnológico Tsáchila

 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/egaea.cl.46>

Resumen: La siguiente investigación se realizó en Santo Domingo de los Tsáchilas, donde se evaluaron dos gramíneas (maíz y sorgo) bajo el sistema de FVH a diferentes densidades de siembra (2,0 kg/m² y 2,5 kg/m²), donde los mejores resultados en comportamiento agronómico fue para la densidad de 2,5 kg/m² con los siguientes valores altura de planta para el maíz con 27,88 cm como para el sorgo con 18,60 cm, longitud de raíz en el maíz 24,50 cm y sorgo 10,08 cm, diámetro de planta para el maíz 4,14 mm a diferencia del sorgo que obtuvo 1,14 mm en la densidad de siembra de 2,0 kg. En las variables porcentaje de materia seca, proteína y porcentaje de germinación las dos densidades obtuvieron los mismos valores con 69% de materia seca para el maíz y 28% para el sorgo, proteína 20,63 % para el maíz y 17,38% para el sorgo y en porcentaje de germinación 96% para el sorgo y 85% para el maíz. Entre las especies de gramíneas utilizadas el maíz obtuvo los mejores resultados tanto en comportamiento agronómico como nutricional.

Palabras clave: Gramíneas forrajeras, Rendimiento, Calidad nutritiva.

Abstract:

The following research was carried out at Santo Domingo de los Tsachilas, where two grasses (corn and *sorghum*) were evaluated under the FVH system at different planting densities (2.0 kg/m² and 2.5 kg/m²), where the best results in agronomic performance were for the 2.5 kg/m² density with the following values: plant height for corn with 27.88 cm and for *sorghum* with 18.60 cm, root length for corn 24.50 cm and *sorghum* 10.08 cm, plant diameter for corn 4.14 mm as opposed to *sorghum* which obtained 1.14 mm at the 2.0 kg/m² planting density. In the variables dry matter percentage, protein and germination percentage, the two densities obtained the same values with 69% of dry matter for corn and 28% for *sorghum*, protein 20.63% for corn and 17.38% for *sorghum* and in germination percentage 96% for *sorghum* and 85% for corn. Among the grass species used, corn obtained the best results in both agronomic and nutritional performance.

Keywords: Forage grasses, Yields, Nutritional quality.

5.1. Introducción

Según Zegal (2016), sostiene que el forraje verde hidropónico (FVH) es el producto obtenido a partir del proceso de germinación de semillas de gramíneas o leguminosas (trigo, avena, cebada, maíz, etc.) que después de 12 días se cosecha y se suministra a los animales (bovinos, ovinos, caprinos, equinos, porcinos, conejos y aves de corral) como alimento. Su masa forrajera es completa: hojas, tallos, semillas y raíces, lo que se consigue gracias al poder germinativo de la semilla, al agua y a la energía solar.

La producción de FVH es sólo una de las derivaciones prácticas del uso del cultivo sin suelo o hidroponía y se remonta al siglo XVII, cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691) realizó los primeros experimentos sobre el cultivo en agua, unos años más tarde, a finales del siglo XVII, John Wood Ward produjo granos germinados utilizando agua de distintas fuentes y comparó distintas concentraciones de nutrientes para el riego de los granos, así como la composición del forraje resultante (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2019).

De acuerdo a Martínez (2006), en México igual que al resto del mundo está siendo afectado por el cambio climático mayormente en los sectores agropecuarios reduciendo la producción e los niveles de rendimiento de los cultivos tanto en cantidad y calidad, por lo cual obligados a crear y adoptar nuevas alternativas para contrarrestar los problemas que están afectando al sector agrícola y población en general, una de las mejores alternativas es la producción de FVH capaz de producir alimento en épocas de escases de condiciones favorables para la producción de pastizales, el (FVH) brinda ventajas como forraje fresco de alta palatabilidad con alto valor nutricional.

El FVH es un complemento alimenticio y nutricional que puede añadirse a la dieta de todos los animales de granja, es una tecnología con varias ventajas para el productor, ya que reduce los costes de producción, el tiempo de producción de piensos, la compactación del suelo debida al sobrepastoreo, la contaminación del agua. También aumenta la tasa de producción y reproducción de los animales y es muy apetecible y fácil de digerir para los animales, en las porciones adecuadas (Chavarría, 2018; Aguirre, 2011).

La hidroponía es una técnica que se desarrolló en culturas y civilizaciones antiguas como medio de subsistencia, hoy en día es una técnica muy importante para la para la producción mundial de forraje. La diferencia es que ninguna de las fases de crecimiento requiere el suelo como fuente de apoyo o nutrientes para el cultivo, las plantas toman los nutrientes directamente del agua y los disuelven en agua con todos los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Lizcano & Romero, 2023).

5.2. Materiales y métodos

5.2.1. Ubicación y Duración

La presente investigación se realizó en la Granja Experimental Mishilí, que pertenece al Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, ubicada en el km 6 de la vía Quevedo, al final de la ciudadela del chofer, con las siguientes coordenadas UTM: X= 699573; Y= 9966799 y Z= 462.

5.2.2. Factores en estudio

Factor A (cereales)

Maíz

Sorgo

Factor B (Densidades de siembra)

2,0 kg.m⁻²

2,5 kg.m⁻²

5.2.3. Diseño experimental

Se utilizó Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 2x2, resultando cuatro tratamientos con cinco repeticiones y 20 unidades experimentales. La unidad experimental estuvo conformada por una bandeja de forraje verde hidropónico.

Los datos fueron analizados a través del análisis de varianza (ADEVA) con el 95% de confianza, y la separación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error.

5.2.4. Variables de estudio

Porcentaje de germinación: Para esto se utilizó la técnica de observación y se aplicó la fórmula:

$$\text{Germinación (\%)} = \frac{\text{Número de semillas germinadas normales}}{\text{número de semillas totales}} \times 100$$

Altura de la planta: Esta variable se realizó al momento de la cosecha y con la ayuda de un flexómetro se registró la altura de panta en centímetros (cm). Se registró el dato de 10 plantas al azar, desde la base del tallo, hasta el punto más alto de la última hoja apical.

Longitud de raíz: Con la ayuda del flexómetro se midió la longitud de la raíz desde el cuello del tallo hasta la punta de la raíz, la unidad de medida fue en centímetros (cm). Este dato se registró al momento de la cosecha.

Rendimiento peso fresco ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$): Este dato se registró al momento de la cosecha y se pesó la biomasa fresca con una balanza gramera para posteriormente calcular el rendimiento.

Rendimiento de materia seca ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$): Para esta variable se pesó 100 gramos de materia fresca con la ayuda de la balanza gramera y se colocó en la estufa a una temperatura de 70 °C por 24 horas, pasado el tiempo establecido se registró el peso seco en gramos (g), para posteriormente calcular el rendimiento de materia seca.

Materia seca (%): Para esta variable se utilizó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ MS} = \frac{\text{Peso Seco } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right)}{\text{Peso Humedo } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right)} * 100$$

Proteína (%): Se tomaron las muestras y se enviaron al laboratorio, para que mediante el método de Kjeldahl se determine el porcentaje de nitrógeno, para luego transformarlo en proteína.

5.2.5. Manejo del experimento

Para la implementación del ensayo se realizó una construcción parecida a una estantería de cuatro pisos con metal para el sostén de las bandejas con una inclinación del 3% para el drenaje del agua. Tubos PVC colocados al final de las bandejas para la recolección del agua y poder reutilizarla.

Preparación de la semilla: Se lavó y desinfectaron las semillas con hipoclorito de sodio al 1%, luego se procedió a seleccionar las semillas (que no estén partidas o afectadas con gorgojo).

Remojo: Dejas las semillas en remojo durante 24 horas, transcurrido ese tiempo se sacó las semillas y se volvió a lavar para dejarlas nuevamente el remojo por 48 horas.

Siembra: Se realizó la siembra de las semillas en las bandejas y se las cubrió con plástico para que la temperatura esté uniforme y las semillas germinen en su totalidad.

Riego: El riego se lo realizó como se establece la norma de general de elaboración de forraje verde hidropónico

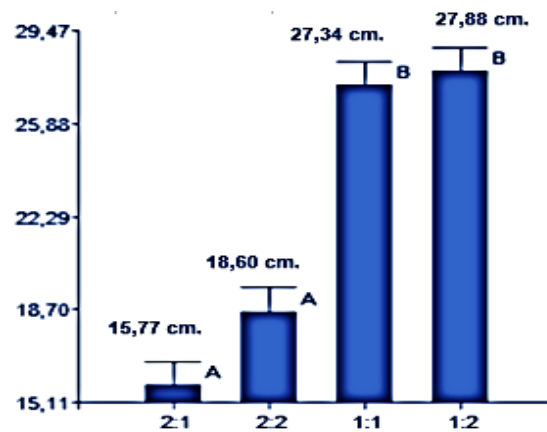
5.3. Resultados

5.3.1. Altura de planta

En la Figura 1, se muestra los resultados de la variable altura de planta, donde el tratamiento 1 (maíz) muestra una altura de 27,34 cm para la densidad de 2,0 kg y 27,88 cm para la densidad de 2,5 kg, mientras que tratamiento 2 (sorgo forrajero) la altura de las plántulas fue de 15,77 cm para la densidad de 2,0 kg y 18,60 cm para la densidad de 2,5 kg.

Figura 1

Altura de planta de maíz y sorgo en FVH



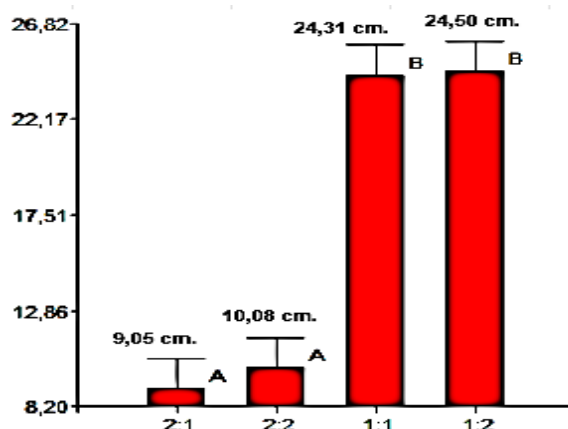
Nota: Autores (2024)

5.3.2. Longitud de raíz

La Figura 2, muestra que la longitud de raíz para el tratamiento 1 (maíz) fue de 24,31 cm para la densidad de 2,0 kg, mientras que para la densidad de 2,5 kg fue de 24,50 cm y el tratamiento 2 (sorgo forrajero) con la densidad de 2,0 kg fue de 9,05 cm y 10,08 cm para la densidad de 2,5 Kg

Figura 2

Longitud de la raíz del maíz y sorgo en FVH



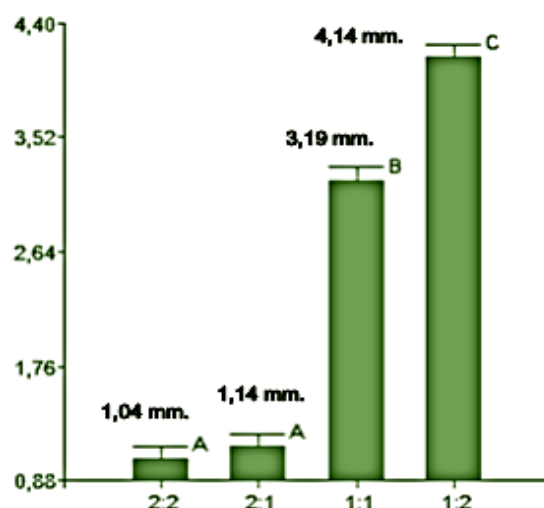
Nota: Autores (2024)

5.3.3. Diámetro de la planta

En la Figura 3, el diámetro de la planta que presentó los mejores resultados fue el tratamiento 1 (maíz) con una densidad de siembra 2,5 kg, con un diámetro de 4,14 mm, seguido de 3,19 mm para la densidad de 2,0 kg, para el tratamiento 2 (sorgo forrajero) el mejor resultado fue de 1,14 mm en la densidad de 2,0 kg seguido por 1,04 mm para la densidad de 2,5 kg.

Figura 3

Diámetro de la planta del maíz y sorgo en FVH



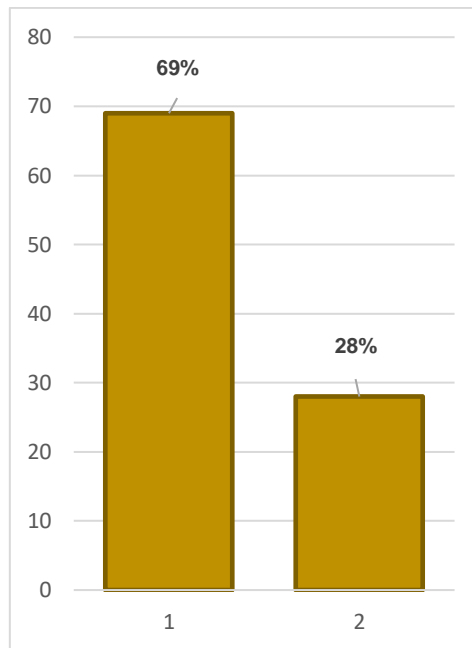
Nota: Autores (2024)

5.3.4. Materia seca (%)

El porcentaje de materia seca como refleja la Figura 4, arrojaron los siguientes resultados para el tratamiento 1 que corresponde a la semilla de Maíz (*Zea Mays*) en las dos densidades estudiadas fueron de 69% mientras que para el tratamiento 2 con la semilla de sorgo (*Sorghum Forrajero*) se obtuvo un porcentaje de 28%.

Figura 4

Contenido de materia seca del maíz y sorgo

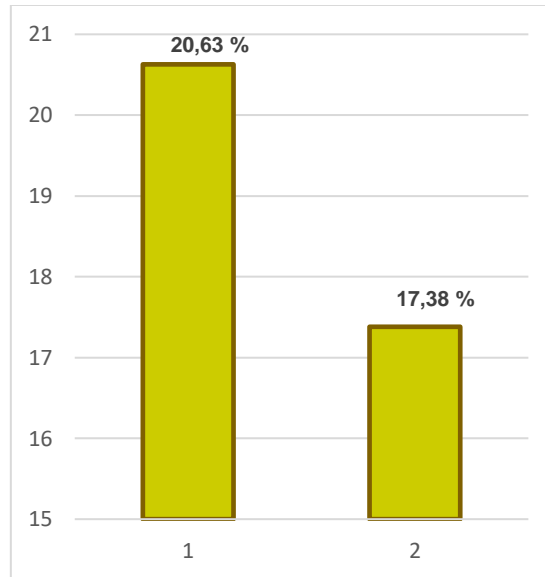


Nota: Autores (2024)

5.3.5. Proteína (%)

La Figura 5, muestra que para el tratamiento 1 (maíz) se obtuvo un porcentaje de 20,63% de proteína en las dos densidades de siembra mientras que para el tratamiento 2 (sorgo forrajero) se obtuvo un valor de 17,38 % de proteína.

Figura 5
Porcentaje de Proteína

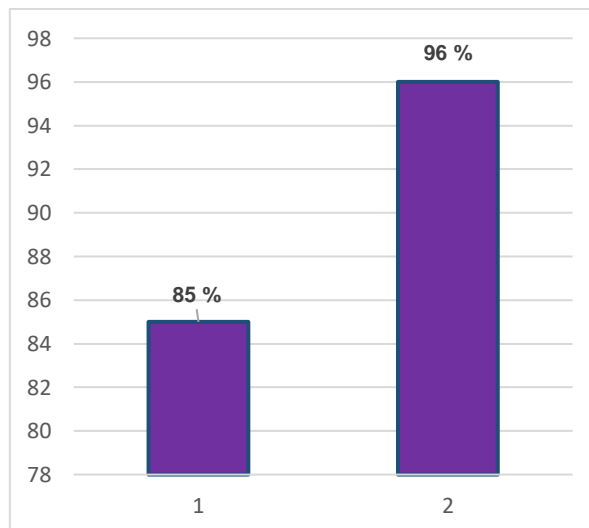


Nota: Autores (2024)

5.3.6. Germinación (%)

El porcentaje de germinación presentados en la Figura 6, indican que el tratamiento de maíz (*Zea mays*) mostró un 85% y con la semilla sorgo (*Sorghum Forrajero*) se obtuvo un porcentaje de 96% de germinación, eso demuestra que para la técnica de forraje verde hidropónico se debe utilizar la semilla de sorgo ya que obtuvo un mayor porcentaje de germinación.

Figura 6
Porcentaje de germinación



Nota: Autores (2024)

5.4. Discusión

Altura de planta: Interpretando estos resultados, Reyes (2015) sugiere que la altura de plantas de FVH de maíz crecen en un promedio, 23,32 cm a 26,72 en un rango de tiempo de 15 a 20 días, a esto debemos incluir que influye temperatura, ambiente y variedad directamente al óptimo crecimiento.

Moyano y Sánchez, (2012) proponen que la cosecha de una plántula de sorgo en condiciones FVH debería ser entre los 9 y 12 días de siembra en bandeja o relacionarlo con un promedio de altura de 25 cm, dependiendo las condiciones climáticas y los intervalos de riego.

Longitud de la raíz: Los estudios realizados por León, (2005) en su investigación tiene como resultado una longitud en maíz de 20,01 cm esto puede darse a los factores clima y variedad de las semillas.

Frente a nuestra investigación la medida (cm) en longitud de raíz del sorgo fue de en promedio 9,05 a 10,08 cm, comparado con Gonzales y García, (2015) media promedio fue de 7,77 cm en longitud de raíz, expresando que tuvimos una mayor medida en la investigación.

Diámetro de planta: Según el estudio que realizó García (2019), los resultados que ellos obtuvieron en el diámetro de la planta fueron de 1,53 mm. esa fue la más alta ya que el método que ellos utilizaron fue de tres densidades de siembra, comparando con nuestra investigación el resultado que obtuvimos fue de 4,40 mm. de diámetro.

El estudio que realizó Pérez (2022), el resultado obtenido en su investigación fue 4 mm de diámetro de la planta, comparada con la investigación realizada donde se obtuvo un valor mayor de 4,40 mm. de diámetro de la planta, eso quiere decir que nuestros resultados siguen siendo mayor.

Rendimiento de materia seca: El resultado que se obtuvo de MS fue de 69% este resultado fue el T1 a comparación con la investigación de Sarzosa (2022), que en rendimiento fue de 10.68% siendo un valor menor que el presentado en la investigación.

Según Moscoso (2020), los resultados de materia seca fueron de 20,43% comparando con los obtenidos en la investigación que de 69% se puede expresar que existió un rendimiento mayor en la investigación planteada.

Proteína: El porcentaje de proteína que se obtuvo en la investigación con la especie de maíz fue del 20,63% comparado con los de Hidalgo (2012), que realizó un estudio de FVH en el cultivo maíz y los resultados de proteína fue de 18,88% expresando que la investigación presentada presentó un mayor porcentaje en proteína.

El estudio realizado por Orozco (2020), los valores de proteína fueron de 14.1% comparado con la investigación realizada que fue de 20,63%, que son valores altos.

Germinación: En el estudio que realizado por Olano (2017) nos indica que el porcentaje de germinación más alta que obtuvieron fue del sorgo escobero que superó en 8.67% al rendimiento de maíz por metro cuadrado.

La investigación que realizó Duran (2020) nos comenta que el porcentaje de germinación que alcanzó en el cultivo de maíz fue de 86,33%, esto supero al porcentaje de germinación que se logró en el trabajo presentado en el cultivo maíz, pero en el cultivo de sorgo se consiguió un porcentaje mayor que fue de 96%.

5.5. Conclusiones

En cuanto a la valoración agronómica de las dos especies forrajeras maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum*) los mejores resultados se obtuvieron con la densidad de siembra de 2,5 kg con los siguientes valores; altura de planta para el maíz con 27,88 cm como para el sorgo con 18,60 cm, longitud de raíz en el maíz 24,50 cm y sorgo 10,08 cm, diámetro de planta para el maíz 4,14 mm a diferencia del sorgo que obtuvo 1,14 mm en la densidad de siembra de 2,0 kg.

En cuanto a la calidad nutricional y rendimiento las dos densidades de siembra se comportaron de la misma forma tanto para el maíz (*Zea mays*) como para el sorgo (*Sorghum*) donde se evidenciaron los siguientes valores, 69% de materia seca para el maíz y 28% para el sorgo, proteína 20,63 % para el maíz y 17,38% para el sorgo y en porcentaje de germinación 96% para el sorgo y 85% para el maíz.

La mejor densidad de siembra tanto para el maíz (*Zea mays*) como para el sorgo (*Sorghum*) fue la de 2,5 kg m⁻² ya que con esta se obtuvieron los mejores resultados en la mayoría de las variables estudiadas.

Referencias Bibliográficas

- Chavarría, A. (2018). El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja. UNAN-León.
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/9201>
- Duran, M. (2020). Evaluación del rendimiento de maíz y cebada en forraje verde hidropónico. Repositorio ULEAM.

<https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/3341/3/ULEAM-AGRO-0095.pdf>

- García, C. (2019). Evaluación del efecto productivo del forraje verde hidropónico de maíz y sorgo a tres densidades de siembra y su efecto sobre el comportamiento productivo en cabras en el CNIA-INTA, 2018. Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua. Nicaragua. <https://core.ac.uk/download/pdf/336876926.pdf>
- Gonzales, J. y García, M. (2015). Evaluación de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) en invernadero no convencional, La Trinidad, Estelí. Universidad Nacional Agraria Facultad de Ciencia Animal, Managua, Nicaragua. <https://repositorio.una.edu.ni/3166/1/tnf04g643p.pdf>
- Hidalgo, G. (2012). Evaluación del Forraje Verde Hidropónico de Maíz y Cebada, con Diferentes Dosis de Siembra para las Etapas de Crecimiento y Engorde de Cuyes. DSpace ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1813>
- León, S. (2005). Efecto del fotoperiodo en la producción de FVH de maíz con diferentes soluciones nutritivas para la alimentación de conejos en el periodo de engorde. Tesis de Grado. Escuela Superior de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1783/1/17T0753.pdf>
- Lizcano y Romero (2023). Implementación de forraje verde hidropónico (FVH) como suplemento nutricional en aves de traspatio. Dictum. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/5157>
- Martínez, D. (2006). Invernaderos para producción de forraje verde hidropónico, tipos y características. Tesis de especialización, Centro de investigación en química aplicada, Saltillo Coahuila. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/454/1/Damian%20Martinez%20Gomez1.pdf>
- Moscoso, C. (2020). Comparación del rendimiento de forraje verde hidropónico con maíz lluteño y maíz comercial, utilizando cuatro calidades de agua. Idesia vol.38 no.3 Arica. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292020000300113&script=sci_arttext
- Moyano, L. y Sánchez, H. (2012). Comportamiento de la proteína de forraje verde hidropónico en función del tiempo de cosecha. Revista sistemas agroecológicos, 3(2). 10p. <http://www.agro.unc.edu.ar/~paginafacu/archivos/00V%20Jornadas%20Integradas%20de%20Investigacion%20y%20Extension%20.pdf>
- Olano, A. (2017). Porcentaje de Iluminación en Cámara Oscura en Germinado Hidropónico de Maíz (*Zea Mays*) y Sorgo Escobero (*Sorghum Vulgare*)

cosechado a los Quince días. Repositorio Institucional UNPRG
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/1438>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (2019). Forraje verde hidropónico.
<https://www.fao.org/3/ah472s/ah472s00.pdf>

Orozco, A. (2020). Evaluación de tres productos desinfectantes sobre semillas de maíz y cebada para la producción en la tecnología de Forraje Verde Hidropónico. Revistas UNED. ISSN2215-5651. Vol.23, N. °2.
<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/repertorio/article/view/3180/4265>

Pérez, 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>

Reyes, Y. (2015). Efecto de soluciones nutritivas y tiempos de cosecha en el rendimiento y calidad nutricional del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) en Santa Elena. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias del Agrarias. 95p.

Sarzosa, E.G. (2022). Efecto del biol de estiércol de conejo en el desarrollo del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.). [Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo]. UCE.

Zegal, M. (2016). Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. Abanico vet vol.6 no.1 Tepic México.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322016000100029