

Estudio de caso, análisis del crecimiento de cultivos hidropónicos a través de la implementación de microorganismos eficientes en la suplementación en ganadería bovina.

Camilo Ernesto Pacheco-Pérez, Diana Yorely Suarez-Castañeda, Julián Ricardo Gil-Rojas. **52**

Camilo.pacheco@campusucc.edu.co

Recibido abril 2023 - Aprobado Junio 2023

Resumen

La hidroponía es una técnica ancestral que utiliza la producción agrícola como alternativa de suplemento alimenticio en producciones ganaderas, con relación a este proyecto, el objetivo principal fue analizar el crecimiento de cultivos hidropónicos por medio de la administración de microorganismo eficientes y sus efectos en vacas lecheras y bovinos de exposición. Por medio de la construcción de un vivero utilitario para el cultivo de Maíz y avena, así mismo evaluar la ganancia de peso por medio de estudios metodológicos. El proyecto se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Villavicencio (Centro de practicas la Vitrina) siguiendo los componentes del proceso del cultivo: selección de semillas, lavado, desinfección, germinación, siembra, riego y uso final en la Hacienda Guachinacal ubicada en la vereda Caño Seco la Libertad Guaviare, para determinar el efecto que tiene sobre la ganancia de peso en los bovinos. Se desarrolló bajo una investigación cuantitativa permitiendo examinar los datos de manera numérica sobre las variables a estudios, tales como cantidad de alimento producido y su ganancia de peso, para concluir se logró evidenciar elementos importantes en los primeros resultados, la curva de crecimiento en las bandejas con tratamiento (tto), es mayor al evidenciado en aquellas que no se realizaba la adición de tratamiento (EM).

Palabras clave: Hidroponía, Microorganismos eficientes, producción agrícola

Abstract

Hydroponics is an ancient technique that uses agricultural production as an alternative food supplement in livestock production, in relation to this project the main objective is to analyze the growth of hydroponic crops through the administration of precursor microorganisms and their

effects on dairy cows and exhibition cattle. Through the construction of a utilitarian nursery for the cultivation of corn and oats, as well as evaluating the weight gain through methodological studies. The project will be carried out in the facilities of the Villavicencio Cooperative University of Colombia (La Vitrina Practice Center) following the components of the cultivation process: selection of seeds, washing, disinfection, germination, sowing, irrigation and final use in the Hacienda Guachinacal located in the village of Caño Seco la Libertad Guaviare, to determine the effect it has on weight gain in cattle. It is developed under a quantitative investigation to examine the data numerically on the variables to be studied, such as the amount of food produced and its weight gain, to conclude it is necessary to highlight important elements in the first results, the growth curve in the trays with treatment (tto), is greater than that evidenced in those that did not add treatment (EM).

Keywords: Hydroponics, precursor microorganisms, agricultural production.

Introducción

El cultivo de las plantas sin suelo se remonta a siglos anteriores, ejemplo de esto son los jardines colgantes de Babilonia; los jardines flotantes de los aztecas, en México, y los de China Imperial, además de la existencia de jeroglíficos egipcios fechados cientos de años antes de Cristo que describen el cultivo de plantas en agua. (Quispe H 2013). La primera noticia científica, en cuanto al crecimiento y nutrición de las plantas data de 1600, cuando el belga Jan Van Helmont mostró que las plantas obtienen sustancias a partir del agua; esto lo hizo al plantar un tallo de sauce de 5 libras en un tubo con 200 libras de suelo seco, al que cubrió para evitar el polvo, después de regarlo durante cinco años había aumentado 160 libras su peso, mientras que el suelo había perdido apenas dos onzas. Su conclusión de que las plantas obtienen del agua la sustancia para su crecimiento era correcta; no obstante, le faltó comprobar que también necesitan dióxido de carbono y oxígeno del aire. En 1699 un inglés, John Woodward, cultivó plantas en agua conteniendo diversos

tipos de suelo, y encontró que el mayor desarrollo correspondía a aquellas que contenían la mayor cantidad de suelo; así concluyó que el crecimiento de las plantas era el resultado de ciertas sustancias en el agua, obtenidas del suelo, y no solo del agua misma. (Cuervo O,2001). Por otro lado, los avances más importantes en el desarrollo de la hidroponía fueron logrados por dos científicos alemanes, Sachs (1860) y Knop (1861), lo cual fue el origen de la “nutriculture”; esto no había tenido gran utilidad dentro de la hidroponía, hasta que la industria de los invernaderos se interesó debido a la necesidad de cambiar la tierra con frecuencia para evitar los problemas de fertilidad y enfermedades; entre 1925 y 1935 tuvo lugar un desarrollo extensivo, modificando las técnicas para el cultivo en nutrientes hacia una producción a gran escala. (Urrestarazu, 2015)

En este sentido, la hidroponía como técnica de producción agrícola sirve para intensificar la producción de los cultivos; es una técnica que presenta

una diversidad de modalidades, pero que en esencia se caracteriza por alimentar el sistema radicular con agua y minerales, de forma controlada, teniendo como medio de cultivo un sustrato diferente al de la tierra, que puede ser agua, grava, lana de roca o cualquier otro material inerte. (Rodríguez 2003). Ahora bien, una de las ventajas más importantes de la técnica hidropónica, es que se puede utilizar prácticamente en cualquier lugar: teniendo en cuenta que, para cultivar sin tierra, se requiere mucho menor espacio, y como no depende de la disponibilidad de un terreno de cultivo, es posible desarrollarla a pequeña escala además que no depende de las condiciones climáticas ni de la época de siembra. (Antillón L 2008).

Ahora bien, en términos pecuarios la falta de control sobre las condiciones climáticas puede causar consecuencias nutricionales desastrosas y fatales para el ganado bovino, en consecuencia, el forraje verde hidropónico (FVH) es una alternativa muy prometedora para resolver el problema de la alimentación ganadera, por las grandes ventajas que ofrece. Esta técnica ha pasado de un nivel experimental a uno comercial, ya que cada vez es mayor el número de personas que la utilizan. Su uso se traduce en una alta rentabilidad, poca inversión inicial, y un cambio drástico que reporta cambios en su operación. (Rodríguez, 2003). En este sentido el presente trabajo busco conocer los factores que inciden en el desarrollo óptimo del forraje verde hidropónico de maíz, evaluando el peso del forraje verde hidropónico con la implementación de microorganismos eficientes en el cultivo de maíz, y posterior análisis del comportamiento de peso en animales bovinos mediante la administración del forraje producido.

Metodología:

La investigación es cuantitativa, según relación del problema y los objetivos definidos, se parte de la observación directa para el conocimiento de la realidad, permitiendo identificar los elementos productivos en el cultivo forraje verde hidropónico de maíz. La población objeto del estudio es finita y está delimitada, por una parte; la producción de hidropónico en la finca La Vitrina en la Universidad Cooperativa de Colombia Campus de Villavicencio Dentro de un panel dinámico que cuenta con 1 tipo de cultivo en condiciones diferenciadas y su respectivo impacto en la ganadería de exposición, municipios en comparación de dos subregiones del departamento del meta para estimular variables como producción agropecuaria, área sembrada y área cosechada. Por último, se realiza una prueba de Normalidad (Shapiro wilk) acertada y una prueba T de student, diseñada para medir si dos grupos de datos son o no estadísticamente iguales, relacionadas con un p -valor de 0.05 y un 95% Intervalo de confianza para la diferencia.

El proyecto se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Villavicencio (Finca la Vitrina) ubicada en el kilómetro 18 vereda La Llanerita, con una temperatura mínima promedio de 20 grados y una temperatura alta promedio de 30 grados, cuenta con una altitud de 467 m.s.n.m; el vivero hidropónico es recinto semi cerrado de 3.60 metros de largo por 3 metros de ancho y 3.10 metros de altura, con un techo de plástico, estructura en madera inmunizada y un tanque de agua con capacidad de 250 litros, junto con 6 estanterías de 3 pisos

de altura con capacidad de 45 bandejas de 30cm de ancho, 34 cm de largo y 5 cm de alto, 5 riegos al día por microaspersión con desnivel de la bandeja para nutrir todo el material sembrado y reciclar el líquido. Se realizó un seguimiento sobre la ganancia de peso en animales bovinos, con la finalidad de evaluar los objetivos propuestos.

La fase experimental en 20 animales se desarrolló en la Hacienda Guachinacal ubicada en la vereda caño seco la libertad Guaviare, fueron transportados los tapetes radiculares producidos los cuales se suministraron a dos grupos focales cada uno de diez animales (grupo control y grupo experimental), desparasitados previamente.

Estos fueron alimentados con las dietas experimentales por un periodo de prueba de 30 días, registrando peso inicial y sus pesos semanales, para ajustar las raciones de alimento con base en sus requerimientos; de esto se evaluó los tratamientos grupo control y grupo con tratamiento. 12 bandejas de (FVH) con semilla de maíz fueron divididas en dos grupos unas con tratamiento (Con adicción de microorganismos eficientes) y posterior a estas sin tratamiento (Solo agua).

En otro sentido; se presenta el proceso metodológico respecto del desarrollo del FVH,

Etapa 1: Selección de la semilla. Se uso de maíz común para el forraje verde hidropónico, importante tener una semilla libre de impureza, hongos o componentes químicos como insecticidas y funguicidas que afecte su germinación. Además, las semillas deben ser enteras, secas y tener por lo menos un 85% de poder germinativo (Tarrillo, 2005).

Etapa 2. Lavado de la semilla y desinfección: Las semillas utilizadas son sumergidas en agua y aquellas que queden en la superficie son retiradas ya que no cumplen con los estándares

de calidad, de igual manera; se retiran las semillas que presenten alteraciones en su estructura, coloración, tamaño y dureza, posterior a ello se realizan tres lavados de semilla. Para la eliminación de hongos y bacterias se ejecuta la desinfección de la semilla con hipoclorito 1% en la práctica (10 ml/L de agua) en un periodo de un minuto aproximadamente, posterior a esto se realiza 3 lavados a la semilla con agua y luego se deja por 24 horas en agua limpia dividido en periodo de 12 horas, cabe resaltar que se debe considerar una hora de oreado para la semilla en el intervalo de las 12 horas para que comience el proceso de pre-germinación.

Etapa 3. Germinación y siembra: Las semillas son lavadas por última vez y cubiertas con poli sombra en canastas para su debida ventilación durante 12 horas, luego son distribuidos 2 kilos de maíz en las bandejas plásticas que cuentan con una estantería capaz de soportar su peso, con un desnivel del 5%. Se tomaron dos grupos para realizar el proyecto: un grupo con la aplicación de microorganismos eficientes, un grupo control exclusivamente con agua, se implementa un sistema de riego por medio de microaspersión de 5 riegos diarios. Durante 10 días.

Etapa 4. Cosecha y rendimiento. EL día 11 la cosecha del FVH comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o franja de producción. Esta biomasa la conforma las hojas, tallos, raíz, semillas germinadas y no germinadas. Lo anterior forma un sólo bloque alimenticio, el cual es fácil de sacar y de entregar a los animales.

Resultados

Investigación y análisis sobre los factores ambientales que ejercen mayor influencia en la producción de forrajes hidropónicos. La cantidad de brotes producidos. (rendimiento) y la calidad del forraje está influenciada por un número de factores que incluyen:

1. Grano - calidad del grano, variedad de grano y tratamientos.
2. Ambiente de crecimiento - temperatura, humedad e incidencia de moho
3. Gestión del sistema - calidad del agua y pH, tiempo de remojo, suministro de nutrientes, profundidad y densidad del grano en valles y duración creciente (Sneath R 2003).

Crecimiento

Las bandejas fueron expuestas un 50% a la acción de la luz solar; el vivero aportando una buena luminosidad, agilizando el proceso de fotosíntesis y el proceso de algunas vitaminas, la luminosidad aporta una calidad nutritiva de forraje y se mejoran las condiciones de palatabilidad para los animales. El periodo de crecimiento dura de 9 a 12 días aproximadamente, para lograr forraje con una altura promedio de 20 a 25 cm. La planta se encuentra en un proceso de crecimiento tanto en su parte aérea como en su zona radicular, posee un alto porcentaje de formación de proteínas, por lo cual la cantidad de aminoácidos están libres y son fácilmente aprovechables por los animales que la consumen. **La Luz** La duración del día o el fotoperíodo afectan el crecimiento de las plantas. La luz del sol no debe ser excesiva, ya que provoca elevada temperatura a las plantas, sobre todo en las bandejas superiores. Si no hubiera luz en las células FVH, la actividad fotosintética no sería llevada a cabo por las células de la hoja verde y, por lo tanto, no habría producción de biomasa, por lo que la luz solar es importante para el crecimiento de las plantas. Al inicio de la producción de FVH, la presencia de luz durante la germinación de la semilla no es necesaria, por lo tanto, hasta el tercer o cuarto día después de la siembra, las bandejas deben estar en una zona con muy poca

luz, pero con suficiente riego, favoreciendo la aparición de brotes y el establecimiento de raíces.

Temperatura

La temperatura es una de las variables más importantes en la producción de forraje verde hidropónico. El momento óptimo para producir FVH es siempre de 25 a 28°C. La diferencia en la temperatura óptima para la germinación y el crecimiento del grano de maíz. Cuanto mayor sea la temperatura de germinación, mayor será la humedad. En condiciones de producción de forraje verde hidropónico, la humedad relativa del ambiente suele alcanzar el 100%; a medida que aumenta la temperatura de germinación, se debe controlar el flujo de las bandejas para evitar la humedad y enfermedades fúngicas, esto puede causar el crecimiento de hongos y las altas temperaturas pueden inhibir el crecimiento (Valdivia, 1997). Humedad La humedad debe estar cerca del 99% para asegurar el desarrollo del sistema radicular. Dado que el cultivo de forraje hidropónico no tiene raíces, es decir, sin sustrato, se debe realizar en una zona con mucha humedad, por encima del 85%, lo que se consigue por la cantidad de riego y evapotranspiración de la planta. Las condiciones de reflujo (exceso de ventilación) provocan un secado medio y una disminución significativa de la producción debido a la deshidratación del cuerpo de la planta. Por lo tanto, garantizar que la cantidad de humedad corresponda a la temperatura correcta es una de las claves para una producción exitosa de forraje verde hidropónico. (Girma 2018). **Evaluación del peso de forraje verde hidropónico a través de microorganismos eficientes** El proceso de producción de forraje verde hidropónico comienza por la selección de semilla y la implementación de microorganismos benéficos naturales sin manipulación genética, presentes en el ecosistema natural, posterior a ello pasan por la limpieza y desinfección. (Figura N. 1)



**Figura 1. Proceso de pregerminación
Lavado y Selección de la semilla.
Fuente: Tomada [Fotografía] Suarez.
D.2022. La vitrina UCC-Villavicencio**



**Figura 2. Proceso de pregerminación
Fuente: Tomada [Fotografía] Suarez. D.2022. La vitrina UCC-Villavicencio**

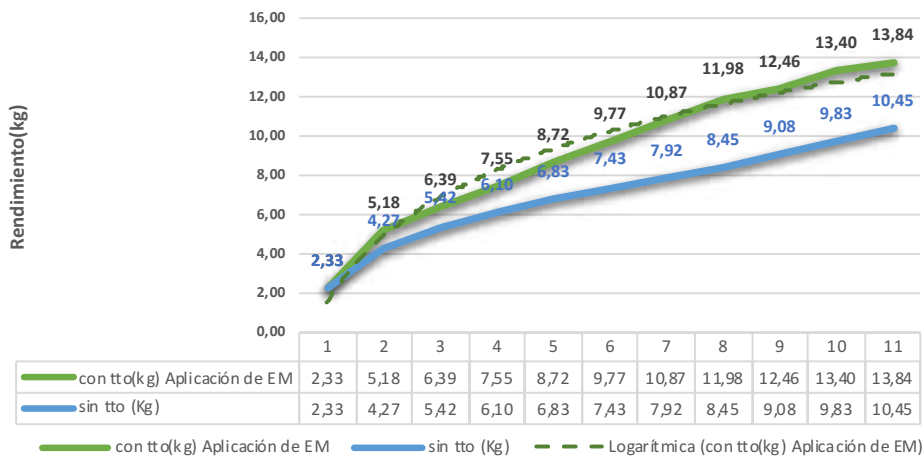


**Figura 4. Proceso de pregerminación
Fuente: Tomada [Fotografía] Suarez. D.2022. La vitrina UCC-Villavicencio**

Para el rendimiento en kg del FVH se encontró diferencias significativas ($P < 0.0001$) entre los dos experimentos; lo que indicó que el grupo con tratamiento (adición de microorganismos eficientes) fue superior en producción, teniendo como resultado individual 13,8kg por bandeja en promedio mientras que para el experimento control

(sin tratamiento) fue de 10,45 kg. Así mismo se concluye que el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en el cultivo hidropónico dio como ganancia un 4% superior en comparación al grupo sin tratamiento. En la gráfica N. 1. se observa como fue el rendimiento en kg del FVH de cada experimento durante la evaluación.

Gráfica N. 1
Ganancia diaria de forraje verde hidropónico del grupo control y grupo experimental



Fuente: *El documento*

Para determinar si presenta variables de peso significativas entre los dos grupos experimentales. Inicialmente se analizaron los resultados de la prueba de normalidad

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia1	,105	9	,200 [*]	,977	9	,950

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

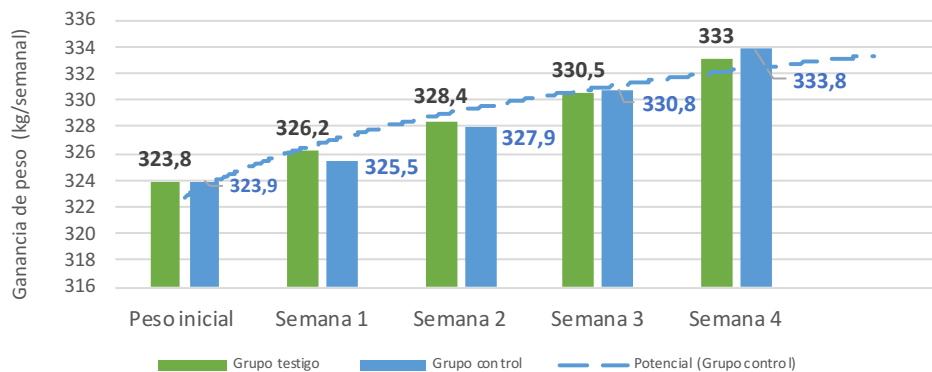
Se realizó un seguimiento sobre la ganancia de peso en animales bovinos, con la finalidad de evaluar el efecto del forraje hidropónico de maíz sobre la ganancia de peso de estos, se llevó a cabo

en la Hacienda Guachinacal ubicada en la vereda caño seco la libertad Guaviare, fueron transportados los tapetes radicales hasta la zona, fueron tomados 20 animales y divididos en dos lotes de diez

animales cada uno, fueron desparasitados al inicio del proceso, Los animales estaban alimentados previamente con las dietas experimentales por un periodo de prueba de 30 días, posterior, se registró su peso inicial y sus pesos semanales, para ajustar las raciones de alimento con base en los requerimientos; de esto se evaluó los tratamientos grupo control y grupo con tratamiento. No se encontraron di-

ferencias significativas ($P > 0,05$) dentro de cada semana de evaluación en la ganancia diaria de peso, a excepción de las últimas dos semanas ($P < 0,01$), la cual fue de 333 kg/peso promedio /semanal para los animales del grupo con tratamiento, mientras que el grupo control fue de 333,8 kg/peso promedio /semanal. Sin embargo, las diferencias de peso promedio son de 0,8 %.

Gráfica N. 2
Efecto del forraje hidropónico de maíz sobre la ganancia de peso de bovinos (Grupo Testigo vs grupo control)



Fuente: *El documento*

Los resultados con el uso de forraje verde hidropónico son similares en comparación de otros artículos de investigación, los tratamientos con suplemento a base de forraje verde presentan aumento en la producción de leche. Según la FAO (2001), por cada 100 kg de peso vivo se le debe suplementar de 1 a 2 kg de FVH más una ración de fibra a las vacas en producción y en vacas secas, se les debe proporcionar una ración de 0.5 kg de FVH más una ración de fibra de buena calidad. Contreras et al. (2015), mencionan que la fibra se fermenta lentamente aportando un bajo contenido de energía al animal e influye negativamente en la producción de ácido en el rumen, pero si aporta una textura física al contenido ruminal el cual estimula la masticación, secreción salivar, rumia y regula el ritmo de paso. Teniendo en cuenta lo anterior; no hubo una respuesta significativa muy

alta, en el aumento de peso de los bovinos al ser suplemento de FVH, se sospecha afectación de los resultados por factores involucrados en la dieta básica del animal.

Discusión y conclusiones

Para el rendimiento en kg del FVH se muestra diferencias significativas ($P = 0.0001$) entre los dos experimentos, indicando que el grupo tratamiento, fue superior en rendimiento; como resultado individual de 13,8kg, seguido del sin tratamiento con un promedio de 10,45 kg. Así mismo fue concluyente, que el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en el cultivo hidropónico dio como ganancia un 4% superior en comparación al grupo sin tratamiento.

Respecto del comportamiento de peso en animales bovinos mediante la administración del forraje verde hidropónico de maíz, se llevó a cabo un experimento en la Hacienda Guachinacal ubicada en la vereda caño seco la libertad Guaviare, los animales fueron alimentados con las dietas experimentales por un periodo de prueba de 30 días, posterior, ajustando las raciones de alimento con base en los requerimientos; de esto se evaluó los tratamientos grupo control y grupo con tratamiento. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) dentro de cada semana de evaluación en la ganancia diaria de peso, a excepción de las últimas dos semanas ($P < 0,01$), la cual fue de 333 kg/peso promedio /semanal para los animales del grupo con tratamiento, mientras que el grupo control fue de 333,8 kg/peso promedio /semanal. Sin embargo, las diferencias de peso promedio son de 0,8 %. Los resultados con el uso de forraje verde hidropónico son similares en comparación a lo reportado por otros autores, los tratamientos con suplemento a base de forraje verde presentan aumento en la producción de leche, por ejemplo. Según la FAO (2001), por cada 100 kg de peso vivo se le debe suplementar de 1 a 2 kg de FVH más una ración de fibra a las vacas en producción y en vacas secas, se les debe proporcionar una ración de 0.5 kg de FVH más una ración de fibra de buena calidad. Contreras et al. (2015), mencionan que la fibra se fermenta lentamente aportando un bajo contenido de energía al animal e influye negativa-

mente en la producción de ácido en el rumen, pero si aporta una textura física al contenido ruminal el cual estimula la masticación, secreción salivar, rumia y regula el ritmo de paso. Teniendo en cuenta lo anterior no hubo una respuesta significativa muy alta, en el aumento de peso de los bovinos al ser suplemento de FVH, se sospecha afectación de los resultados por factores involucrados en la dieta básica del animal.

En el presente estudio se logró evidenciar dos elementos importantes en el desarrollo de cultivos hidropónicos, el primero de ellos, la curva de crecimiento en las bandejas con tratamiento fue mayor al evidenciado en aquellas que no se realizaba la adición de tratamiento (EM) Por lo tanto, se recomienda la implementación del uso de microorganismo eficientes en la producción de forraje verde hidropónico, ya que se obtiene mayores ganancias de biomasa verde en poco tiempo. Los sistemas de hidroponía de forraje verde hidropónico produce gran cantidad de alimento verde palatable para el consumo de los animales en cantidades limitadas espacio / terreno disponible, sin embargo en el análisis realizado da un punto de vista sobre los diferentes desafíos asociados con la producción, factores y la competencia sobre alimento alternativo, esto, sumando a la falta de concreto en evidencias a profundidad sobre el rendimiento del animal mediante la administración de forraje verde hidropónico.

Referencias

1. 2001. Manual técnico de forraje verde hidropónico. 1a ed. Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura;
2. Antillón, L. A. (2008). Hidroponía. Cultivo sin tierra. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
3. Arequipa-Perú: Universidad Agraria La Molina de Trujillo. 84 p.
4. Contreras JL, Tunque M, Cordero AG. 2015. Rendimiento hidropónico de la arveja con cebada y trigo en la producción de germinados. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 26(1):9-19. Doi:10.15381/rivep.v26i1.10910.
5. Cuervo Osorio, V. D. (2010). Abonos orgánicos como insumo de nutrición vegetal en un sistema hidropónico alternativo.
6. Espinoza JL, Palacios A, Ávila N, Guillén A, De Luna R, Ortega R, Murillo B (2007) La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México: una revisión. Interciencia 32: 385-390.
7. Journal of Scientific and Innovative Research, 7(4), 106-109.
8. Quispe Huayllas, A. I. (2013). Rendimiento de cebada y avena como forraje verde hidropónico en relación a la densidad de siembra en carpa solar (Doctoral dissertation).
9. Rodríguez S. A. C. 2003. Como Producir con Facilidad, Rapidez y Óptimos Resultados Forraje Verde Hidropónico. Editorial Diana. México. D.F
10. Queensland Government Department of Primary Industries, Dalby, Queensland, 2003.
11. Tarrillo H. 2005. Forraje verde hidropónico, forraje de alta calidad, para la alimentación animal
12. Universidad de Guanajuato. (2. Mayo -agosto. 2009) producción de forraje verde hidropónico y su aceptación en ganado lechero. Acta universitaria- 19,11-19.
13. Urrestarazu Gavilán, M. (2015). Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía. Ediciones Paraninfo, SA.