

EFFECTO DE TRES NIVELES DE SUSTRATOS SÓLIDO EN LA PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L.), BAJO AMBIENTE PROTEGIDO

Effect of three levels of solid substrates on the hydroponic production of basil (*Ocimum basilicum* L.), under protected environment

Omar W. Martínez Choque^{1*}, Eduardo Oviedo Farfán²

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en el municipio de El Alto, Bolivia, con el objetivo de determinar las combinaciones óptimas de variedades y sustratos que maximicen el desarrollo vegetativo, el rendimiento y la calidad comercial de la albahaca en condiciones de ambiente protegido. La producción agrícola en el Altiplano se ve limitada por condiciones climáticas adversas y la escasez de suelos fértiles en algunas regiones, lo que convierte al cultivo hidropónico sólido en una alternativa innovadora con alto potencial para mejorar la productividad en esta zona. La investigación se llevó a cabo a 4000 m s. n. m., en un área de 24 m² bajo condiciones controladas, empleando un diseño experimental completamente al azar con arreglo bifactorial. Se evaluaron dos variedades de albahaca: Italiana “Genovese” y Nacional “Chuquisaqueña”, cultivadas en tres mezclas de sustratos sólidos (aserrín, arena y ladrillo molido) en distintas proporciones. Las variables agronómicas analizadas fueron altura de planta, número de hojas, longitud y ancho de hoja, peso fresco de hoja verde y rendimiento. El tratamiento conformado por la variedad Italiana y el sustrato con 60 % de aserrín, 30 % de arena y 10 % de ladrillo molido mostró el mejor desempeño en términos de tamaño foliar, peso y rendimiento. Si bien el análisis beneficio-coste no fue favorable en el corto plazo debido a la tecnología empleada, los resultados productivos sugieren que esta técnica podría constituir una alternativa viable para la agricultura del Altiplano boliviano a mediano y largo plazo.

Palabras clave: *Ocimum basilicum* L., sustratos sólido hidropónico, variedades, ambiente protegido.

ABSTRACT

The present study was developed in the municipality of El Alto, Bolivia, with the objective of determining the optimal combinations of varieties and substrates that maximize vegetative development, yield and commercial quality of basil under protected environment conditions. Agricultural production in the Altiplano is limited by adverse climatic conditions and the scarcity of fertile soils in some regions, which makes solid hydroponic cultivation an innovative alternative with high potential to improve productivity in this area. The research was carried out at 4000 m a.s.l., in an area of 24 m² under controlled conditions, using a completely randomized experimental design with a bifactorial arrangement. Two basil varieties were evaluated: Italian “Genovese” and National “Chuquisaqueña”, grown in three mixtures of solid substrates (sawdust, sand and ground brick) in different proportions. The agronomic variables analyzed were plant height, number of leaves, leaf length and width, green leaf fresh weight and yield. The treatment consisting of the Italian variety and the substrate with 60 % sawdust, 30 % sand and 10 % ground brick showed the best performance in terms of leaf size, weight and yield. Although the benefit-cost analysis was not favorable in the short term due to the technology used, the productive results suggest that this technique could be a viable alternative for agriculture in the Bolivian Altiplano in the medium and long term.

Keywords: *Ocimum basilicum* L., hydroponic solid substrates, varieties, protected environment.

Artículo original

DOI: <https://doi.org/10.53287/uebm3074iu46f>

Recibido: 04/04/2025

Aceptado: 27/06/2025

^{1*} Autor de correspondencia: Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. masteryciber@gmail.com

² Docente, Carrera de Ingeniería en Producción y comercialización Agropecuaria, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. <https://orcid.org/0000-0002-3921-145X>. jeoviedo@umsa.bo

INTRODUCCIÓN

La agricultura en Bolivia enfrenta importantes desafíos debido a la variabilidad climática y la limitación de suelos fértiles, lo que afecta significativamente la capacidad productiva, especialmente en la región del Altiplano. Según Huito (2016), las condiciones agroecológicas y medioambientales de Bolivia, determinadas por el clima y la fisiografía, son fundamentales para la producción agrícola, que no solo cubre las necesidades alimentarias, sino también industriales. En el caso del Altiplano boliviano, el clima frío y seco, combinado con suelos pobres en nutrientes, limita aún más la productividad agrícola. Alcon (2019) resalta que las condiciones adversas como las bajas temperaturas, heladas y sequías, exacerbadas por el cambio climático, exigen la implementación de alternativas que diversifiquen y garanticen la producción agrícola en esta región.

Una de las alternativas que ha ganado popularidad en los últimos años es el cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum L.*), debido a su creciente demanda tanto en la cocina como en la medicina tradicional. Este cultivo, conocido por sus propiedades medicinales y su sabor distintivo, representa una opción económica atractiva para los agricultores. Además, la producción hidropónica ha demostrado ser una técnica eficiente y competitiva para cultivar hortalizas de alta calidad, incluso en áreas limitadas, como señala Soria (2011).

La hidroponía, que se basa en el uso de soluciones nutritivas y sustratos alternativos, permite un manejo eficiente del agua y los nutrientes, optimizando los rendimientos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades de albahaca en tres tipos de sustratos hidropónicos en un ambiente controlado en El Alto, La Paz, con la finalidad de obtener parámetros que contribuyan a mejorar la productividad agrícola en esta región del Altiplano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en la ciudad de El Alto, provincia Murillo del departamento de La Paz en la zona de Villa Bolívar "D" del distrito 2. Geográficamente situado a 16°31'56" de latitud sur y a 68°11'01" longitud oeste, a una altura de 4050 m s.n.m., a 16 km del centro de la ciudad de La Paz. Al noroeste limita con el municipio de La Paz, al sur con los municipios de Viacha y Achocalla, y al oeste con los municipios de Laja y Pucarani (El Alto Bolivia, 2018).

Metodología

Los materiales vegetales utilizados fueron: semillas de albahaca de variedad nacional "Chuquisaqueño" 2 onzas; semillas de albahaca de variedad italiana "Genovesa" 2 onzas. Los materiales sintéticos y cantidades establecidas empleados en la preparación de la solución nutritiva se observan en la Tabla 1:

Tabla 1. Cantidad de macro y micronutrientes empleados en la solución, para 1.000 litros de agua.

Solución concentrada "A"	
Fertilizante	Cantidad
Nitrato de potasio (g)	375
Fosfato monoamónico (g)	150
Nit - One (g)	103
Solución concentrada "B"	
Fertilizante	Cantidad
Sulfato de magnesio (g)	509
Sulfato de potasio (g)	190
Quelato de hierro (g)	17

Micronutrientes (ml)	200
Solución concentrada "C"	
Fertilizante	Cantidad
Nitrato de calcio (g)	967
Micronutrientes (ml)	200
Sulfato de manganeso (g)	1.28
Ácido bórico (g)	3.06
Sulfato de zinc (g)	1.36
Sulfato de cobre (g)	0.63
Molibdato de amonio (g)	0.22

Preparación de sustratos

Para la preparación de los sustratos se utilizará aserrín, arena, ladrillo molido. Se emplearon 40 kg de sustrato en cada contenedor, donde las proporciones para la primera mezcla fueron las siguientes: a) 60 % de aserrín, 30 % de arena y 10 % ladrillo molido esta mezcla se colocó en seis contenedores, b) 50 % aserrín, 35 % de arena y 15 % de ladrillo molido esta mezcla se colocó en seis contenedores, c) 40 % aserrín, 40 % de arena y 20 % de ladrillo molido que fueron colocadas en seis contenedores.



Figura 1. Mezcla y preparación del sustrato.

El ensayo se realizó en una carpa solar tipo media agua o semi túnel con una estructura de madera (vigas y listones) y muros de ladrillo construida sobre una superficie de 24 m² (6 m x 4 m). Se procedió a la construcción de 18 contenedores de madera, con dimensiones de 1 m de largo, 1m de ancho y 0,25 m de profundidad, elevadas a una altura de 0,5 m. Posteriormente fueron forrados con plástico negro de 160 micrones; para retener los sustratos. La siembra de semillas fue en almacigueras, empelando 5 semillas por cada bloque (cámara), con el fin de obtener plántulas con raíces uniformes y vigorosas para el trasplante. El trasplante de las plántulas de albahaca se efectuó a los 25 días después de la siembra con un tamaño de plántula de (10 - 12 cm), presentando un numero de 3 a 5 hojas verdaderas y tomando en cuenta la uniformidad entre cada una de ellas.



Figura 2. Trasplante

Los registros de temperatura promedio en todo el ciclo productivo del cultivo albahaca fueron obtenidas mediante el uso de un termómetro de máximas y mínimas en el interior de ambiente protegido. Además, se realizó un análisis físico del sustrato en los que se evaluaron la densidad aparente, densidad real y porosidad de cada una de las mezclas, obteniendo como resultado un porcentaje de porosidad para el sustrato 1 del 42 %, para el sustrato 2 del 33 % y para el sustrato 3 del 38 %.

Se construyó 6 tratamientos con 3 repeticiones: T1 = Italiana (60 % aserrín, 30 % arena, 10 % ladrillo molido), T2 = Italiana (50 % aserrín, 35 % arena, 15 % ladrillo molido), T3 = Italiana (40 % aserrín, 40 % arena, 20 % ladrillo molido), T4 = Nacional (60 % aserrín, 30 % arena, 10 % ladrillo molido), T5 = Nacional (50 % aserrín, 35 % arena, 15 % ladrillo molido), T6 = Nacional (40 % aserrín, 40 % arena, 20 % ladrillo molido), cada unidad experimental estuvo compuesta por un grupo de 9 plántulas por m², por cada tratamiento correspondiente, el número total de plántulas introducidas en los 18 contenedores fue de 162, donde 81 plántulas corresponden a la variedad Italiana “Genovesa”, y 81 a la variedad Nacional “Chuquisaqueña”.



Figura 3. Unidades experimentales.

Las variables agronómicas evaluadas durante el desarrollo del cultivo de albahaca fueron: Altura de planta (cm), largo de hoja (cm), ancho de hoja (cm), peso de hoja verde (g/planta), rendimiento (g/m²), acabe recalcar que la variable rendimiento fue evaluada en tres cosechas durante todo el ciclo productivo del cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

Los promedios obtenidos para la variable altura de planta en función a las variedades fueron de 43,20 cm para la variedad nacional “Chuquisaqueña” y 40,24 cm para la variedad italiana “Genovese” con un desvío estándar de 3,40 y 3,66 respectivamente. Mientras que los valores registrados en cada uno de los sustratos fueron de 45,65 cm con un valor de 1,67 (D.E) para el (S1), 40,35 cm con un valor de 3,28 (D.E) para el (S2) y 39,17 cm con un valor de 1,32 (D.E) para el (S3). Como se puede observar existe una diferencia mínima en los factores, pero estadísticamente no se considera significativa.

Largo de hoja

La Tabla 2, nos muestra la diferencia que existe entre los dos tipos de variedades con respecto a la variable largo de hoja, donde se puede apreciar que la variedad italiana (Genovese) presenta una mayor longitud de hoja con 7,20 cm, y la variedad nacional (Chuquisaqueña) con un promedio de 5,66 cm, lo que nos indica que la variedad

italiana logro obtener un 21 % más de desarrollo de hoja para el parámetro de longitud debido a las características fenotípicas propias de cada variedad en estudio.

Tabla 2. Prueba Duncan para la variable largo de hoja entre variedades.

Variedad	Medias (cm)	Duncan 5 %
Italiana	7,20	A
Nacional	5,66	B

Huito (2016), hace referencia a que la variedad Nufar obtuvo el mayor promedio con 13,96 cm de largo de hoja, en comparación a la variedad Italian que presento un largo de hoja de 10,93 cm demostrando que las variedades se comportan de diferente manera, donde la diferencia es mínima pero estadísticamente diferente.

Alcon (2019), reportó una media de 8,52 cm en longitud de hoja de la variedad americano y la variedad Chuquisaqueño llegó a un valor registrado de 4,78 cm, es decir que la variedad americana logra un 44 % más de desarrollo de hoja para el parámetro de longitud. Esta situación se manifiesta por las características fenotípicas entre las variedades. Mientras que Mamani (2021), reportó que la variedad Americana presenta mayor longitud de hojas con 7,23 cm, la variedad Superbo con un promedio de longitud de hoja del 5,78 cm y por último la variedad Sucre con un promedio de 4,10, al evaluar tres variedades de albahaca en tres soluciones nutritivas en sistema hidropónico de raíz flotante.

Ancho de hoja

Como se observa en la Tabla 3, en la prueba Duncan para la variable agronómica ancho de hoja, que la variedad italiana "Genovese" obtuvo una media de 4,19 cm, y una media de 2,82 cm para la variedad nacional "Chuquisaqueña".

Tabla 3. Prueba Duncan para la variable ancho de hoja entre variedades.

Variedad	Medias (cm)	Duncan 5%
Italiana	4,19	A
Nacional	2,82	B

Según Cadena (2018), para la variable agronómica ancho de hoja, en su evaluación efecto de niveles de fertilización foliar en la productividad de dos variedades de albahaca, bajo ambiente atemperado, en el Centro Experimental de Cota Cota, llegó a registrar que la variedad Italiana tiene una media de 7,27 cm y 4,44 cm para la variedad Boliviana. Alcon (2019), en la variedad Americano muestra en la primera evaluación un crecimiento de ancho de hoja media de 5 cm a diferencia del Chuquisaqueño que nos muestra un ancho de 2,30 cm y nos indica una diferencia entre variedad de 2,7 cm y un 54 % de diferencia de una a la otra variedad. En la segunda evaluación en la variedad Americano llega a medir 4,23 cm y el Chuquisaqueño 2,31 cm mostrando una diferencia de tamaño de 1,92 cm que hace un 45 % de diferencia de una a la otra variedad.

En la Tabla 4, se observa la diferencia que existe entre los tres tipos de sustrato hidropónico con respecto a la variable ancho de la hoja, donde los sustratos 1 y 3 tuvieron los mayores valores con una media 3,67 y 3,51 cm respectivamente, aunque la diferencia entre ambos tratamientos fue mínima se consideran estadísticamente iguales, por otra parte, se evidencia que el sustrato 2, obtuvo las plantas con menor ancho de la hoja con una media de 3,34 cm.

Tabla 4. Prueba Duncan para la variable ancho de hoja entre sustratos.

Sustratos	Medias (cm)	Duncan 5%
1	3,67	A
2	3,51	A B
3	3,34	B

Analizando el comportamiento del ancho de hoja, empleando diferentes niveles de sustrato sólido hidropónico en las variedades en estudio, se evidencia que la ganancia en centímetros lineales, se debe las características propias de cada sustrato empleados en cada tratamiento como: estructura, porosidad, capacidad de retención de agua, aireación, etc. que favorecen al desarrollo productivo e incremento de sus partes vegetativas.

Según Soria (2011), los resultados obtenidos al evaluar tres tipos de sustratos hidropónicos en dos variedades de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en ambiente protegido en la ciudad de el alto, para la variable ancho de la hoja estable que el sustrato dos (40 % de ladrillo molidos – 60 % de cascarilla de arroz) fue mejor con respecto a los otros sustratos, debido a que retiene mayor humedad, facilitando la salida de los excesos de agua, es liviano y permite la aireación de las raíces del cual requiere el cultivo de espinaca.

Número de hojas

En la prueba múltiple de Duncan al 5 % (Tabla 5) la variedad nacional “Chuquisaqueña” es superior con una media de 90,93 hojas por planta a la variedad italiana “Genovese” que tiene una media de 50,53 hojas por planta, lo que indica una diferencia entre variedad de 40,4 hojas por planta, demostrando así diferencias estadísticas entre variedades.

Tabla 5. Prueba Duncan para la variable número de hojas entre variedades.

Variedad	Media (número de hojas)	Duncan 5%
Italiana	90,93	A
Nacional	50,53	B

Con respecto a los valores obtenidos en la presente investigación, cada variedad presenta características genéticas distintas una de otra, lo que influye en cada uno de sus factores productivos. Torrez (2014), obtuvo una media alta de 94,7 hojas por planta en la variedad Boliviana y la variedad Italiana una media de 49,8 hojas al evaluar el rendimiento de dos variedades de albahaca, hasta la etapa comercial con relación a la biofertilización en carpa solar. Estos autores sostienen que la cantidad de follaje se atribuye a las características genéticas de cada variedad. Según Mamani (2021), la variedad Sucre presentó un promedio mayor de número de hojas con una media 30,47 hojas/planta, respecto a la variedad Americana con un promedio número de 15,28 hojas/planta y a la variedad Superbo que presenta un número de 14,36 hojas /planta que fue la variedad con el menor resultado, al evaluar tres variedades de albahaca en tres soluciones nutritivas en sistema hidropónico de raíz flotante.

La prueba de Duncan realizada para la variable número de hojas por planta entre sustratos a un nivel de significancia del 5 % (Tabla 6), muestra que los sustratos 1 (60 % aserrín, 30 % arena, 10 % ladrillo molido) y 3 (40 % aserrín, 40 % arena, 20 % ladrillo molido), obtuvieron una mayor cantidad de número de hojas por planta a la cosecha, y que estadísticamente estos tratamientos son iguales, ya que registraron medias de 75,40 y 73,37 hojas/planta respectivamente, con un promedio de ambos sustratos de 74,38 hojas por planta. A diferencia del sustrato 2 (50 % aserrín, 35 % arena, 15 % ladrillo molido), que obtuvo una menor cantidad de número de hojas por planta con una media de 63,43 hojas por planta.

Tabla 6. Prueba Duncan para la variable número de hojas entre sustratos.

Sustrato	Media (número de hojas)	Duncan 5%
1	75,40	A
2	73,37	A
3	63,43	B

Según Mamani (2015) los sustratos (S1) (70 % cascarilla de arroz + 30 % arena) y (S2) (50 % cascarilla de arroz + 50 % arena) presentaron un mismo tamaño de hojas, mientras que el sustrato (S3) (70 % de arena +

30 % de cascarilla de arroz) presentó hojas mucho más verdes y grandes también afirma que, lo que más influyó en su ensayo con respecto a las soluciones nutritivas fueron los sustratos. Al evaluar producción de frutilla (*Fragaria vesca*) en un sistema hidropónico con diferentes proporciones de sustratos y la dosificación de tres concentraciones comerciales de soluciones nutritivas.

Gracias a los resultados obtenidos en investigación, se concluye que los tratamientos T1 (60 % aserrín, 30 % arena, 10 % ladrillo molido) y 3 (40 % aserrín, 40 % arena, 20 % ladrillo molido) obtuvieron los mejores registros para la variable número por planta, esto se debe a que el material que se usaron en ambos tratamientos permite un óptimo desarrollo de las plantas, en el tratamiento T1 se tiene una aireación, esponjamiento, y mayor porosidad, y en el T3 se tiene una mayor capacidad de retención de agua.

Peso de hoja verde

Para la variable agronómica peso de hoja cosechada/planta, la variedad italiana “Genovese” obtuvo una media de 10,2 gramos, y una media de 7,83 gramos para la variedad nacional “Chuquisaqueña” (Tabla 7), existe una diferencia media promedio de 2,37 gramos, esto se debe a que la variedad italiana “Genovese” presenta hojas de mayor tamaño pero la cantidad de hojas/planta cosechada es menor, en cambio la variedad nacional “Chuquisaqueño”, presenta hojas de menor tamaño y un mayor número de hojas/planta cosechada.

Tabla 7. Prueba Duncan para la variable peso de hoja entre variedades.

Variedad	Media (g)	Duncan 5%
Italiana	10,20	A
Nacional	7,83	B

Según Alcon (2019) la variedad Americano obtuvo mayor peso de 16,86 g y en la cuarta evaluación de 10,80 g /planta. Existiendo así una diferencia estadística con respecto a la variedad Chuquisaqueño que en la primera evaluación peso 7,83 g y en la cuarta evaluación 6.62 g. Para Mamani (2021) la variedad Americana presenta mayor peso en fresco con 7,26 g, la variedad Sucre con un promedio en peso fresco de 6,21 g y por último la variedad Superbo con un promedio de 6,13 g lo que nos indica que está fue la variedad con el menor resultado que obtuvo con respecto a la variable peso fresco. Haciendo una comparación con los registros presentados en el ensayo se puede indicar que los datos obtenidos para la variable peso de hoja verde planta/ cosechada fueron comparativamente iguales a los descritos por Alcon (2019), y ligeramente superiores a los señalados por Mamani (2021), especialmente en la variedad nacional “Chuquisaqueña”.

La Tabla 8, muestra la diferencia que existe entre los tres tipos de sustrato hidropónico con respecto a la variable peso de hoja/planta, donde el sustrato 1 obtuvo un mayor peso de hoja con una media de 10,92 gramos, seguidamente de el sustrato 3 con una media de 9,03 gramos, y por último el sustrato 2 que obtuvo un peso de hoja con una media de 7,10 gramos.

Tabla 8. Prueba Duncan para la variable peso de hoja entre sustratos.

Sustrato	Medias (g)	Duncan 5%
1	10,92	A
2	9,03	B
3	7,10	C

Mamani (2021), menciona que la solución nutritiva de Cabezas presenta el mayor registro de peso fresco/planta con un valor 9,56 g, solución FAO un promedio en peso fresco/planta de 5,56 g, y por último la solución Hochmuth con un promedio de 4,48 g lo que indica que esta solución fue la que registro el menor resultado con respecto a la variable peso fresco. Según Medrano (2017), en el ensayo de investigación que realizó en el cultivo de lechuga en sistema mixto (suelo e hidroponía) bajo obtuvo una media alta de 90 g con la aplicación de la

solución FAO, una media de 64,66 g con la solución Molina y una media baja con la aplicación de solución Boliviana de 58,4 g. En comparación a los registros de Mamani (2021), para el peso de hoja por planta/cosecha se puede apreciar que los datos encontrados son menores a la presente investigación.

Rendimiento por tratamiento

Las variedades evaluadas en los diferentes tratamientos en estudio, existen diferencias estadísticas para la variable rendimiento peso fresco, la variedad italiana "Genovese" obtuvo el mejor rendimiento con una media de 249,59 gramos (0,249 kg/m²), a diferencia de la variedad nacional "Chuquisaqueño", que obtuvo un rendimiento menor con una media promedio de 199,69 gramos (0,199 kg/m²) (Tabla 9).

Tabla 9. Prueba Duncan para el rendimiento por tratamiento entre variedades.

Variedad	Medias (g)	Duncan 5%
Italiana	249,59	A
Nacional	199,69	B

Al evaluar las diferencias existentes en las dos variedades de albahaca, se puede llegar a asumir que uno de los factores en el desarrollo de las partes vegetativas en cada variedad se debe a las características genéticas propias de cada una. Otro factor que coadyuvo en el rendimiento fue la respuesta favorable de adaptación de las mismas a la zona de estudio, además factores como el acceso a la luz, nutrientes, agua y a la competencia preferencial de los diferentes niveles de sustrato hidropónico incidiendo parcial o totalmente en todo su ciclo productivo.

Según Huito (2016) la variedad Nufar mostró superioridad en peso con un rendimiento promedio de 73,38 g demostrando ser significativamente el mejor en tanto que la variedad Italian, logra ser diferente con relación al segundo grupo alcanzando un promedio de 63,53 g de rendimiento que fue el más bajo, lo cual demuestran una clara diferencia de la respuesta al comportamiento en la zona. De acuerdo a Cadena (2018), el nivel bajo de biol (20 %) fue el que presentó mayor promedio con 0,79 kg/m², seguida de el nivel medio de biol (35 %) con 0,67 kg/m²; lo cual indica que el biol provocó mayor rendimiento en la planta de albahaca; el testigo fue el que presentó el menor rendimiento con 0,57 kg/m². Al evaluar el efecto de niveles de fertilización foliar en la productividad de dos variedades de albahaca bajo ambiente atemperado, en el Centro Experimental de Cota cota.

Existen diferencias entre los tres tipos de sustratos hidropónicos con respecto a la variable rendimiento a la cosecha, donde el sustrato 1 muestra ser estadísticamente mejor, debido a que obtuvo el mayor rendimiento con una media de 271,49 gramos (0,271 kg/m²). Seguidamente del sustrato 3 con una media de 225,21 g (0,225 kg/m²). Por otra parte, también se puede evidenciar que el sustrato 2 obtuvo el menor de los rendimientos con una media promedio de 177,23 gramos (0,177 kg/m²) (Tabla 10).

Tabla 10. Prueba Duncan para el rendimiento por tratamiento entre sustratos.

Sustrato	Medias (g)	Duncan 5%
1	271,49	A
2	225,21	B
3	177,23	C

Según Soria (2011), al evaluar tres tipos de sustratos hidropónicos en dos variedades de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en ambiente protegido en la ciudad de El Alto, hace referencia a que el sustrato dos (60 % de cascarilla de arroz - 40 % de ladrillo molido) obtuvo mayor rendimiento con relación a los demás sustratos uno y tres, esto se debe a que el material permite un óptimo desarrollo de las plantas, tiene una buena disponibilidad de agua y sanidad que beneficia a la planta para obtener un buen rendimiento. Mamani (2015), menciona que el sustrato (S1) (70 % cascarilla de arroz + 30 % arena) presento un promedio de alrededor de 99 gramos de producción por planta, el sustrato (S2) (50 % cascarilla de arroz + 50 % arena), presento un promedio de 21

gramos por planta y por último el sustrato (S3) (30 % cascarilla de arroz + 70 % arena) presento un promedio de producción de 66 gramos por planta. En su evaluación producción de frutilla (*Fragaria vesca*) en un sistema hidropónico con diferentes proporciones de sustratos y la dosificación de tres concentraciones comerciales de soluciones nutritivas.

Con respecto a los análisis obtenidos en la presente evaluación se concluye que, el sustrato 1 obtuvo un rendimiento de 271,49 g, superior a los sustratos 2 y 3 los cuales obtuvieron una media de 225,21 g y 177,23 g. Además, se puede señalar que uno de los factores determinantes para elevar el índice de productividad en los cultivos este asociado porcentaje de porosidad del suelo (sustrato). El porcentaje poroso que se obtuvo en el sustrato 1 fue de 42 %, el sustrato 2 presentó un porcentaje de poroso 33 %, y por último el sustrato 3 registro un porcentaje de poroso de 38 %. Por lo tanto, a mayor índice de porosidad mayor es índice de crecimiento, mayor aireación y mayor intercambio de nutrientes que va en beneficio productivo del cultivo.

CONCLUSIONES

En altura de planta, no se evidencio diferencias entre una variedad a otra. En cuanto a número de hojas, la variedad nacional fue superior con un promedio de 90,93 hojas por planta a la variedad italiana que obtuvo un promedio de 50,53 hojas por planta. En referencia al largo y ancho de hoja la variedad italiana alcanzó un promedio de 7,20 y 4,19 cm mayor a la variedad nacional que registro valores de 5,66 y 2,82 cm respectivamente. Para las variables peso de hoja verde/planta y rendimiento por tratamiento, la variedad italiana fue la que presento los mejores registros con un promedio de 10,2 g/planta y 0,249 kg/m², a diferencia de la variedad nacional que registro promedio menor de 7,83 g/planta y 0,199 kg/m². Estas diferencias se deben a las características fenotípicas propias de cada variedad. Por lo que en términos de rendimiento productivo se llegó a concluir que la variedad italiana es mejor.

De los tres sustratos hidropónicos utilizados se observó que: el sustrato 1 (60 % aserrín, 30 % arena, 10 % ladrillo molido), presento resultados positivos para los parámetros agronómicos evaluados: ancho de hoja 3,67 cm, peso de hoja verde 10,92 g/planta y rendimiento 0,271 kg/m², puesto que al utilizar este tipo de materiales en dichas cantidades permiten una buena retención de humedad una excelente oxigenación un buen drenaje a las raíces, además de un buen soporte para el desarrollo óptimo de la planta. El tratamiento que presentó mejor interacción para el rendimiento de materia verde a la cosecha, fue el T1: variedad italiana – sustrato 1 (60 % aserrín, 30 % arena, 10 % ladrillo molido) con un registro de 0,308 kg/m², el T5: variedad nacional – sustrato 2 (50 % aserrín, 35 % arena, 15 % ladrillo molido), que fue el tratamiento que registro el menor rendimiento en toda la evaluación con un promedio de 0,145 kg/m².

BIBLIOGRAFIA

- Alcon, W. (2019). Comportamiento productivo de dos variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) con dos densidades de siembra en ambientes atemperados en la localidad de Viacha - Departamento de La Paz. Tesis de grado. Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/23466/T-2710.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cadena, G. (2018). Efecto de niveles de fertilización foliar en la productividad de dos variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), bajo ambiente atemperado, en el centro experimental de Cota cota. Tesis de grado. Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. 135p. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/26651/T-2931.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- El Alto Bolivia. (2018). *Ubicación y límites de la ciudad de El Alto (Bolivia)*. El Alto Bo. <https://elaltobo.com/ubicacion-y-limites-de-la-ciudad-de-el-alto-bolivia/>
- Huito, L. (2016). Evaluación de dos variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), con tres dosis de biofertilizante foliar en walipini, en la zona de Ventilla - La Paz. Tesis de grado. Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. 149 p. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10535/T-2352.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Mamani, J. (2015). Producción de frutilla (*Fragaria vesca*) en un sistema hidropónico con diferentes proporciones de sustratos y la dosificación de tres concentraciones comerciales de soluciones nutritivas. Tesis de grado. Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia. 92 p. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5713/T-2068.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mamani, S. (2021). Evaluación de tres variedades de albahaca (*Ocimum basilicum L.*) en tres soluciones nutritivas en sistema hidropónico de raíz flotante en el municipio de El Alto. Tesis de grado. Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia. 110 p. <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/26202/T-2916.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Medrano, P. (2017). Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) en Sistema Mixto (Suelo e Hidroponía) bajo diferentes soluciones nutritivas en el Centro Experimental de Cota cota. Tesis de grado. Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia. <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/15319/T-2474.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Soria, L. (2011). Evaluación de tres tipos de sustratos hidropónicos en dos variedades de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) en ambiente protegido en la ciudad de el alto. Tesis de grado. Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia. 87p. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10260/T-1524.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torrez, D. (2014). Evaluación del rendimiento de dos variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*), hasta la etapa comercial con relación a la Biofertilización en carpa solar. Tesis de grado, Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia. 86p. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5614/T-2030.pdf?sequence=1&isAllowed=y>