

**Comparación de sustratos y densidades de
siembra en microbrotes de mostaza roja
(*Brassica rapa nipposinica* Bailey)**

Juan Pablo Botero González

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Comparación de sustratos y densidades de
siembra en microbrotes de mostaza roja
(*Brassica rapa nipposinica* Bailey)**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Juan Pablo Botero González

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Comparación de sustratos y densidades de siembra en microbrotes de mostaza roja (*Brassica rapa nipposinica* Bailey)

Juan Pablo Botero González

Resumen. Un microbrote es una planta que se cosecha cuando sus hojas verdaderas están iniciando su desarrollo y sus cotiledones están totalmente expandidos y turgentes. El propósito de esta investigación fue encontrar el sustrato y densidad de siembra que brindaran el mayor rendimiento y altura de hipocotilo en microbrotes de mostaza (*Brassica rapa* subsp. *nipposinica* Bailey). Esta investigación se llevó a cabo en dos experimentos, en el primero se evaluaron cinco sustratos: PET (tereftalato de polietileno), celulosa, turba, suelo y fibra de coco; utilizando cinco repeticiones en el espacio y dos medidas en el tiempo. En el segundo experimento, en los dos sustratos que obtuvieron los mayores rendimientos y altura de hipocotilo del primer ensayo (fibra de coco y turba), se evaluaron tres densidades de siembra: 960, 510 y 340 semillas/m² usando seis repeticiones en el espacio y dos medidas en el tiempo. Los resultados en la primera y segunda medida en el tiempo del primer experimento indicaron que los mayores rendimientos y altura de hipocotilo se generaron en la fibra de coco y en el suelo. A su vez el mayor rendimiento y altura de hipocotilo se generó en la fibra de coco en el segundo experimento. En la prueba de densidades, la densidad de 960 semillas/m² obtuvo el mayor rendimiento y altura de hipocotilo. Los sustratos con mayores rendimientos y alturas de hipocotilo fueron la fibra de coco y el suelo, así mismo la densidad con mayor rendimiento y altura fue la de 960 semillas/m².

Palabras clave: Altura de hipocotilo, cotiledones, hojas verdaderas, rendimiento

Abstract. A microgreen is a plant that is harvested when its true leaves are starting their development and the cotyledons are fully developed. The objective of this study was to find the growing media and sowing rate that promotes highest yields and stem height in mustard (*Brassica rapa* subsp. *nipposinica*) microgreens. This investigation had two experiments, in the first experiment five growing media were evaluated: PET (terephthalate polyethylene), cellulose, peat moss, soil and coconut coir. Five repetitions in space and two repetitions in time were used. In the second experiment in the two crop mediums that obtained the highest yield and stem height, were evaluated with three sowing rates: 960, 510 and 340 seeds/m². Six space repetitions and two time repetitions were used in this experiment. The results in the first and second replica of the first experiment indicated that the highest yield and stem height were generated by the coconut coir and soil. In the second experiment the coconut coir obtained the highest yield and stem height. Furthermore the sowing rate that obtained the highest yield and stem height was 960 seeds/m². The substrates with the highest yield and stem height were the coconut coir and the soil, furthermore the density that obtained the highest yield and stem height was 960 seeds/ m².

Key words: Cotyledons, stem height, true leaves, yield

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iii
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	iv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES.....	12
5. RECOMENDACIONES	13
6. LITERATURA CITADA.....	14
7. ANEXOS	16

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Solución nutritiva recomendada para producción de microbrotes por la empresa Koppert Cress ®.....	6
2. Rendimiento (kg/m ²) de mostaza roja en la primera y segunda medida en el tiempo.....	7
3. Rendimiento (kg/m ²) de mostaza roja en fibra de coco, turba, suelo, PET y celulosa en las medidas en el tiempo.....	8
4. Altura de hipocotilo (cm) de mostaza roja en fibra de coco, turba, suelo, PET y celulosa.....	10
5. Rendimiento (kg/m ²) y altura de hipocotilo (cm) de mostaza sembrada en fibra de coco y turba.....	10
6. Rendimiento (kg/m ²) y altura de hipocotilo (cm) de mostaza en densidades de siembra: 960, 510 y 340 semillas/m ²	11

Figuras	Página
1. Radiación solar registrada durante el ciclo de cultivo en la primera y segunda réplica del experimento uno.	8

Anexos	Página
1. Humedad relativa registrada durante el ciclo de cultivo en la primera y segunda medida del experimento uno..	16
2. Temperatura promedio registrada durante el ciclo de cultivo en la primer y segunda medida del experimento uno.	17
3. Análisis de suelo realizado por el Laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana.	17

1. INTRODUCCIÓN

Entre los años 2000 y 2011 la producción de hortalizas en América Latina aumentó 2.3%, así mismo en Honduras presentó un incremento del 8.4% (FAO 2014). En la actualidad se han originado ramas de la agricultura las cuales buscan satisfacer las necesidades gastronómicas de los mercados. Un ejemplo de esto son los cultivos de brotes, flores comestibles, hierbas aromáticas, semillas germinadas y mini vegetales. Estos cumplen el fin de generar sabores, aromas y colores diferentes en un plato, los cuales son considerados de alto valor económico en la gastronomía de hoy en día.

La plantación de microbrotes, conocidos como microgreens, es un cultivo en el cual se cosecha la planta con una altura aproximada de 5 a 10 cm, cuando tiene sus cotiledones completamente desarrollados y han empezado a salir las hojas verdaderas. Este modo de producción se introdujo en Estados Unidos en 1980 para ser vendido en establecimientos de alta cocina. Hoy en día tiene una alta demanda en países europeos y Estados Unidos, por su facilidad de consumo y su riqueza nutritiva, presentando cantidades mayores de nutrientes y minerales, comparados con sus contrapartes cosechadas en su etapa madura (Kyriacou et al 2016). La producción de brotes se estima que se hace de 80 a 100 variedades, algunas de las más comunes son: amaranto, mostaza, rúcula, repollo, chive, albahaca y lechuga (Kaiser y Ernst 2012).

La mostaza roja (*Brassica rapa nipposinica* Bailey) de la familia Brassicaceae es originaria de Asia Central. Esta planta es una fuente de vitamina C, E y de fibra (Gibson et al 1999). Por tener un sabor picante y un color entre rojo y violeta, es una de las plantas más producidas para microbrotes y germinados.

Dado que la producción de brotes solo llega hasta las primeras hojas verdaderas esta se puede llevar a cabo en un sin número de sustratos como: turba, vermiculita, perlita y fibra de coco (Kou et al 2014). Los sustratos en la producción de microbrotes representan un alto porcentaje en los costos, por esta razón se han realizado estudios para utilizar subproductos de bajo costo como sustratos.

En América Latina el suelo es el sustrato más usado para producción de microbrotes, producido principalmente en camas levantadas. A su vez la turba es el sustrato que más se utiliza en Norteamérica y la celulosa es el más utilizado en Europa. El sustrato óptimo para el desarrollo de los microbrotes debería tener un pH entre 5.5 y 6.5, una conductividad eléctrica baja ($<500 \mu\text{S}/\text{cm}$), una capacidad de retención de agua entre 55-70% v/v, una porosidad mayor al 85% y una aireación del 20-30% v/v (Kyriacou et al 2016). Es necesario que el sustrato no se encuentre contaminado microbiológicamente con patógenos como

Salmonella spp. y/o *Escherichia coli*, las cuales pueden ser perjudiciales para el consumidor (Di Goia et al 2015).

La turba es sumamente usada en horticultura por su peso ligero y por su alta retención de humedad la cual es del 89 %, además tiene una capacidad de aireación entre el 12 y 20 %, un pH ácido de 3.8 a 4.3 y una alta cantidad de nitritos, fosfatos, calcio y magnesio (Jacques y Walden 2017). La fibra de coco es un subproducto el cual se origina del pericarpio de este fruto. Su pH se encuentra entre 5.5 a 6.5, además tiene un alto contenido de fósforo (6 a 60 ppm) y de potasio (170 a 600 ppm). Este material puede contener nueve veces su peso en agua, teniendo una capacidad de retención de humedad del 80%. Esta tiene mayor porcentaje de lignina que de celulosa, lo que explica su resistencia a la degradación por parte de microorganismos (Will y Faust 2010).

Las características físicas y químicas del suelo dependen del lugar donde provenga. El suelo utilizado en esta investigación era franco arcillo arenoso, con un pH de 7.39, una capacidad de retención de humedad del 85% y un alto contenido de fósforo, potasio y magnesio (Anexo 1). Es importante tomar en cuenta la cantidad de patógenos y semillas de malezas que este tenga para tener un rendimiento adecuado (Will y Faust 2010).

También existen sustratos sintéticos, los cuales están elaborados de PET (Tereftalato de polietileno). Estos tienen características físico-químicas bien definidas y estandarizadas, teniendo una alta retención de agua y aireación (Di Goia et al 2015). El Biostrate ® es un material biodegradable y artificial, hecho para producción de microbrotes hidropónicos. Está compuesto por biopolímeros y fibras naturales, las cuales retienen hasta un 45 % de agua y tiene una capacidad de aireación mayor al 68 %. Este tiene un pH balanceado y no requiere de tratamientos de limpieza antes de ser usado. Por otro lado, el sustrato Micro-mats ® está compuesto de fibras de madera biodegradables, el cual no tiene ninguna fibra sintética. Tiene capacidad de retención de humedad del 60 % y una capacidad de aireación mayor al 68 % y no necesita tratamientos de limpieza antes de la siembra (True Leaf Market 2016).

Las semillas en la producción de microbrotes representan la mayor parte de los costos. La densidad de siembra debe ser la mayor posible para maximizar la producción pero no debe excederse ya que se da un mayor alongamiento de hipocotílos y se pueden aumentar la incidencia de enfermedades fúngicas (Treadwell et al 2013). La densidad óptima para microbrotes depende del tipo de cultivo, peso promedio de la semilla, porcentaje de germinación y el número de brotes deseado (Kyriacou et al 2016). La mayoría de teorías indican que la densidad en la producción de brotes debe ser alta. Según la empresa Johnny's Selected Seeds se deben sembrar aproximadamente 17,000 semillas/m², en semillas pequeñas como lechuga, mostaza, kale y rúcula. Por otro lado, se deben sembrar aproximadamente 10,000 semillas/m² en plantas como girasol, remolacha y espinaca (Johnny's Selected Seeds 2016).

En ensayos realizados utilizando diferentes densidades de siembra se concluyó que al aumentar la densidad de siembra se aumenta el rendimiento por área, sin embargo, el peso individual del hipocotilo disminuye. Así mismo, la longitud en las hojas verdaderas decrece ya que hay mayor competencia entre plantas por luz, agua y nutrientes (Murphy et al 2010).

El propósito de esta investigación fue:

- Evaluar el efecto del sustrato y densidad de siembra en el rendimiento y altura de hipocotilo de microbrotes de mostaza roja.

2. METODOLOGÍA

Ubicación. El proyecto se llevó a cabo en el invernadero dos del laboratorio de Cultivos de Tejidos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Ubicada a 30 km vía Tegucigalpa a Danlí, Francisco Morazán, Honduras. La investigación se llevó a cabo de julio a agosto de 2017. En esta temporada se tuvo una humedad relativa promedio de 82 % y una temperatura promedio de 23°C. Estos datos fueron tomados de la estación climatológica del campus central.

Experimento número uno.

Siembra. Se pesaron 1.62 g de semilla equivalentes a una densidad 960 semillas/m², utilizando una balanza gramera marca Ohaus®, modelo Adventurer Pro AV412. Previo a la siembra se humedecieron los sustratos para asegurar una buena germinación. Posteriormente, se sembraron las semillas al voleo en cada macetero. Una vez finalizada la siembra se taparon con una capa del sustrato aproximadamente de 1cm en los ensayos de turba, suelo y fibra de coco. En todos los sustratos se ubicó una bandeja plástica negra encima con el objetivo de generar un ambiente de oscuridad. Se destapó cuando se observó que la mayoría de las semillas germinaron, lo cual fue a los dos días.

Variables medidas. Al octavo día se cosechó la totalidad de la bandeja con una tijera a ras del sustrato, haciéndolo cuando la primer hoja verdadera estaba empezando a salir y cuando las hojas cotiledonares estaban totalmente expandidas y turgentes.

- Rendimiento: se pesó la totalidad de brotes de cada bandeja en una balanza (marca Ohaus®, modelo Adventurer Pro AV412).
- Altura de hipocotilo: Al momento de la cosecha, se midieron diez plantas de cada bandeja escogidas al azar, extrayendo estas del sustrato y midiendo desde el inicio del hipocotilo hasta las hojas cotiledonares. Se midió con una regla, expresándose en centímetros.

Tratamientos. Se evaluaron cinco sustratos: fibra de coco, turba, suelo, una fibra compuesta de biopolímeros y fibras naturales (PET) y finalmente un material compuesto por fibras de madera recicladas (celulosa). El suelo fue tomado de las barreras vivas del módulo de Agricultura Orgánica, ya que este contiene un alto porcentaje de materia orgánica. El suelo, la turba y la fibra de coco se esterilizaron a una temperatura de 121°C por 20 minutos en un autoclave, para evitar el desarrollo de malezas y enfermedades causadas por patógenos en el sustrato. Los sustratos se colocaron en maceteros perforados de 12.7 × 12.7 cm de ancho y largo y 5.7 cm de altura. Posteriormente se ubicaron dentro

de un recipiente sin perforaciones de 50.8×24.7 cm. Se utilizaron cinco maceteros por tratamiento para un total de 25 unidades experimentales.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño completo al azar, con cinco tratamientos (sustratos), cinco repeticiones en el espacio y dos medidas en el tiempo.

Experimento número dos.

Siembra. Se evaluaron tres densidades de siembra 960, 510 y 340 semillas/m². Se pesaron 1.62, 1.20 y 0.80 g de semilla utilizando una balanza gramera marca Ohaus ® modelo Adventurer Pro AV412, las cuales equivalían respectivamente a las densidades de siembra mencionadas con anterioridad. Previo a la siembra se humedecieron los sustratos para asegurar una buena germinación, luego se sembraron las semillas al voleo en cada macetero y se taparon con una capa del sustrato aproximadamente de 1cm. En todos los tratamientos se ubicó una bandeja plástica negra encima con el objetivo de generar un ambiente de oscuridad. Se destapó a los dos días.

Variables medidas. Las variables medidas fueron las mismas que en el experimento número uno.

Tratamientos. Se evaluaron dos sustratos y tres densidades de siembra. Se usaron como sustratos la fibra de coco y turba, ya que estos obtuvieron los mejores resultados en el primer experimento, además no aportan alta cantidad de nutrientes como el suelo. Los sustratos se colocaron en maceteros de plástico con agujeros de 12.7×12.7 cm, y posteriormente se colocaron en bandejas de plástico sin agujeros de 50.8×24.7 cm. Se utilizaron seis maceteros por tratamiento para un total de 36 unidades experimentales

Diseño experimental. Se utilizó un diseño completo al azar con un arreglo factorial (3×2). Los tratamientos fueron las combinaciones de tres densidades de siembra y dos sustratos. Se usaron seis repeticiones en el espacio y dos medidas en el tiempo.

Riego y Fertilización. Para ambos experimentos la fertilización se realizó siguiendo la recomendación de Koppert Cress ®, empresa que se dedica al cultivo de microbrotes en Holanda (Cuadro 1). Para suplir los requerimientos necesarios se elaboró una solución nutritiva que contenía 6.58 g de nitrato de calcio, 6.11 g de nitrato de potasio, 3.9 g de fosfato mono potásico y 2.7 g de sulfato de magnesio diluidos en 10 L de agua. La solución nutritiva presentó una conductividad eléctrica de 1.7 dS/m y un pH de 6.2. La aplicación de la solución nutritiva inició a partir del tercer día después de la siembra. Se usó un sub-riego, agregando 180 ml de solución nutritiva cada día a la bandeja sin agujeros.

Cuadro 1. Solución nutritiva recomendada para producción de microbrotes por la empresa Koppert Cress ®.

Nutriente	mmol/L
K ⁺	4.5
Ca ²⁺	2.3
Mg ²⁺	0.85
NO ₃ ⁻	7.2
SO ₄ ²⁻	0.7
PO ₄ ³⁻	1.25
pH	6.2
EC (mS/s)	1.3-1.8

Análisis estadístico

Los datos de ambos experimentos se analizaron con un análisis de varianza y una separación de medias Duncan ($P \leq 0.05$) utilizando el programa Statitcal Analysis System (SAS® versión 9.4).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento número uno.

De acuerdo al análisis estadístico, hubo un efecto de las réplicas en el tiempo sobre el rendimiento ($P < 0.05$). Los rendimientos fueron mayores en la segunda réplica en el tiempo, 1.4 y 1.1 kg/m^2 , respectivamente (Cuadro 2). Esto se puede atribuir a una mayor radiación solar registrada durante la segunda réplica en el tiempo (Figura 1). Es posible que una mayor radiación solar en la réplica dos haya causado mayor transpiración en las plantas generando una mayor absorción de agua y nutrientes y por consiguiente un mayor rendimiento.

Cuadro 2. Rendimiento (kg/m^2) de mostaza roja en la primera y segunda medida en el tiempo.

Medida en el tiempo	Rendimiento (kg/m^2)
julio 20-julio 28	1.1b [¥]
Julio 31-agosto 7	1.4a
Valor <i>P</i>	< 0.001

[¥] Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$)

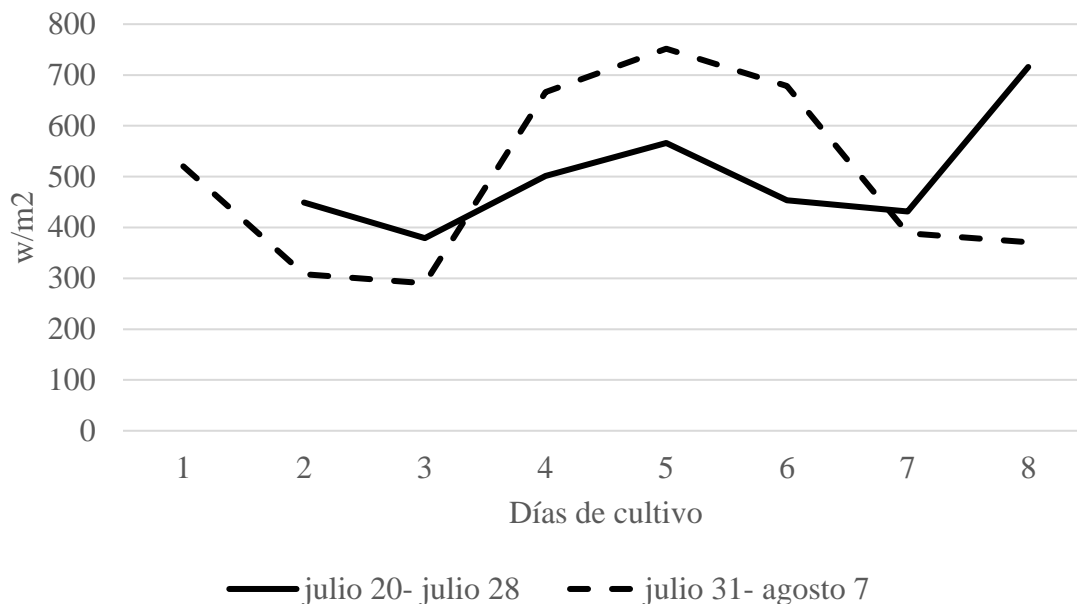


Figura 1. Radiación solar registrada durante el ciclo de cultivo en la primera y segunda réplica del experimento uno. Elaboración propia con datos tomados de la estación climatológica de Campus Central, Zamorano.

Se evidencia que en la primera réplica en el tiempo la fibra de coco, la turba y el suelo obtuvieron los mayores rendimientos 1.5, 1.3 y 1.3 kg/m² respectivamente (Cuadro 3). Por otro lado, el mayor rendimiento en la segunda réplica se obtuvo de la fibra de coco y el suelo ambos con 1.8 kg/m².

Cuadro 3. Rendimiento (kg/m²) de mostaza roja en fibra de coco, turba, suelo, PET y celulosa en las medidas en el tiempo.

Tratamientos	Rendimiento (kg/m ²)	
	Tiempo 1	Tiempo 2
Fibra de coco	1.5a [¥]	1.8a
Turba	1.3a	1.1b
Suelo	1.3a	1.8a
PET	0.9b	1.3b
Celulosa	0.9b	1.1b
Valor P	0.003	0.0011

[¥] Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (P <0.05)

Los rendimientos en microbrotes dependen de la variedad que sea usada. En mostaza roja (*Brassica rapa nipposinica* Bailey) los rendimientos en Colombia son de 0.25 a 0.3

kg/m² (Montes 2017). En una investigación realizada por Muchjajib, se evidenciaron rendimientos en la misma planta de 4.17 g/m² (Muchjajib et al 2015).

En un estudio realizado con sustratos alternativos para producción de microbrotes en Tailandia, los resultados indicaron que el mayor rendimiento en microbrotes de espinaca se dio en un sustrato conformado en una relación 1:1 de fibra de coco y turba, con rendimientos de 5.17 kg/m² (Muchjajib et al 2015). Estos resultados son similares a los obtenidos en la primera medida en el tiempo. Posiblemente los mayores resultados de peso en la fibra de coco se debieron a una alta retención de humedad, un pH en el rango óptimo y altas cantidades de potasio y fósforo en este sustrato (Muchjajib et al 2015).

Estudios realizados por Di Goia y colaboradores (2016), afirman que la turba tiene una aireación ideal (20-30%), comparados con las fibras sintéticas (PET y celulosa) las cuales tienen una aireación del 68%. Esto indica que tienen más espacio para retener aire que agua, por lo tanto, se deben dar riegos con menores volúmenes y mayores frecuencias en las fibras textiles comparados con la turba. Adicionalmente, la turba es el sustrato con mayor cantidad de nitritos, fosfatos, calcio, magnesio, sulfato y cloro, comparados contra el PET la cual solo tiene alta concentración de amonio. En la misma investigación se concluyó que microbrotes sembrados en turba obtuvieron el mayor peso por brote individual comparados contra el PET. Por el contrario, se obtuvieron los mayores valores en materia seca de los microbrotes usando PET como sustrato esto es el resultado de la alta capacidad de retención de humedad de la turba (Di Goia et al 2016).

Posiblemente los microbrotes sembrados en fibra de coco, turba y suelo resultaron con mayor rendimiento ya que estos sustratos tenían los nutrientes de este sumados con los nutrientes de la fertilización. Por el contrario, los microbrotes sembrados en las fibras solo tuvieron los nutrientes de la fertilización y se tuvo mayor pérdida de humedad que en la fibra de coco, suelo y turba.

Cabe resaltar que todos los sustratos tuvieron el mismo volumen y frecuencia de riego. De acuerdo a Di Goia y colaboradores realizada (2016), la frecuencia de riego en sustratos hechos con fibras sintéticas deben ser mayores y con menores volúmenes de riego. El mismo riego a todos sustratos pudo haber generado la diferencia en rendimientos entre las fibras sintéticas y la fibra textil, suelo y turba.

Los resultados de la segunda réplica en el tiempo son similares a los resultados de la primera réplica, resultando con mayor rendimiento la fibra de coco y el suelo (Cuadro 3). Posiblemente estos resultados se dieron por una mayor disponibilidad de agua y de nutrientes comparados con los otros sustratos.

De acuerdo al análisis estadístico, no hubo un efecto de las réplicas en el tiempo sobre las alturas de hipocotilo ($P < 0.05$). Los sustratos que generaron una mayor altura de hipocotilo fueron suelo y fibra de coco (Cuadro 4). Posiblemente el mayor crecimiento en la fibra de coco y el suelo se dio por una mayor retención de humedad del sustrato, haciendo que la planta tuviera más agua disponible para su crecimiento.

Cuadro 4. Altura de hipocotilo (cm) de mostaza roja en fibra de coco, turba, suelo, PET y celulosa.

Tratamientos	Altura de hipocotilos (cm)
Fibra de coco	6.9a [¥]
Turba	6.0b
Suelo	6.9a
PET	4.6c
Celulosa	4.0c
Valor <i>P</i>	<0.001

[¥] Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$)

Experimento número dos.

No hubo efecto de la interacción densidades de siembra y sustratos ($P \geq 0.05$), pero sí de los sustratos y densidades de siembra ($P \leq 0.05$) sobre el rendimiento y la altura de hipocotilos.

Se observa que la fibra de coco generó un mayor rendimiento y altura de hipocotilo sobre la turba (Cuadro 5). Este resultado es similar al experimento número uno y posiblemente se deba a una mayor retención de humedad de la fibra de coco comparado con la turba. Posiblemente estos resultados surgieron de una mayor retención de humedad de la fibra de coco comparado con la turba y de la capacidad de esta de no presentar el efecto de contracción, el cual presenta la turba, el cual disminuye la uniformidad de distribución de agua en el sustrato (Owen y Lopez 2015).

Cuadro 5. Rendimiento (kg/m^2) y altura de hipocotilo (cm) de mostaza sembrada en fibra de coco y turba.

Tratamientos	Rendimiento (kg/m^2)	Altura de hipocotilo (cm)
Fibra de coco	1.5a [¥]	6.7a
Turba	1.1b	5.9b
Valor <i>P</i>	<0.0001	0.0002

[¥] Medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$)

Se evidencia que a mayor densidad de siembra se incrementan los rendimientos (Cuadro 6). El mayor rendimiento se obtuvo en la densidad siembra de 960 semillas/ m^2 (1.68 kg/m^2). Posiblemente estos resultados se dieron ya que al usar densidades de siembra mayores se

incrementa el número de hipocotilos por área, pero se disminuye el peso individual de estos, disminuyendo el área de los cotiledones y las hojas verdaderas causadas por una mayor competencia. El aumento de hipocotilos en el área crea mayores rendimientos. Por el contrario, densidades de siembra menores generan menor número de hipocotilos, pero un peso individual de estos mayor, generando menor rendimiento (Murphy et al 2010).

Las densidades de siembra de 960 y 510 semillas/m² resultaron en mayor altura de hipocotilo (Cuadro 6). Posiblemente este resultado se dio ya que cuando las plantas tienen mayor densidad de siembra tienen más competencia entre ellas por luz de mejor calidad, debido a que la sombra creada por las hojas crea relaciones bajas de rojo: rojo lejano en la luz que reciben las plantas que están por debajo del dosel. En respuesta a esto las plantas se alargan buscando luz de mejor calidad (Ugarte et al 2010).

Cuadro 6. Rendimiento (kg/m²) y altura de hipocotilo (cm) de mostaza en densidades de siembra: 960, 510 y 340 semillas/m².

Densidades de siembra (semillas/m²)	Rendimiento (kg/m²)	Altura de hipocotilo (cm)
960	1.7a [¥]	6.8a
510	1.3b	6.4a
340	0.8c	5.7b
Valor <i>P</i>	<0.001	0.001

[¥] Números seguidos con distinta letra tienen una diferencia estadística significativa (P<0.05)

4. CONCLUSIONES

- El suelo y la fibra de coco fueron los sustratos que obtuvieron el mayor rendimiento y altura de hipocotilo.
- La densidad de siembra de 960 semillas/m² generó los mayores rendimientos y alturas de hipocotilo.
- La radiación solar tuvo un efecto sobre el rendimiento.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar densidades de siembra mayores a 960 semillas/m².
- Evaluar sustratos compuestos por diferentes proporciones de suelo, fibra de coco y turba.
- Comparar rendimientos y altura de hipocotilo, utilizando diferentes volúmenes y frecuencias de riego en sustratos compuestos por PET y celulosa.
- Investigar diferentes niveles y fuentes de fertilización, y observar el efecto que estas tienen sobre el rendimiento y la altura de hipocotilo.

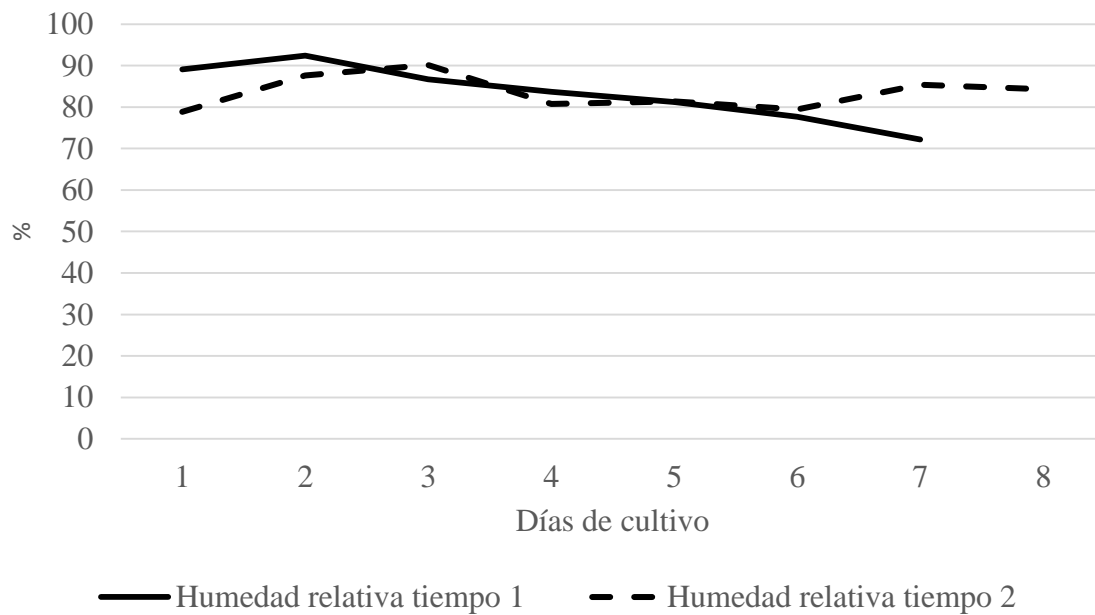
6. LITERATURA CITADA

- Di Goia F, De Bellis P, Mininni C, Santamaria P, Serio F. SF. 2016. Physicochemical, agronomical and microbiological evaluation of alternative growing media for the production of rapini (*Brassica rapa* L.) microgreens. University of Florida. 1212-1219.
- Di Goia F, Mininni C, Santamaria P. 2015. How to grow microgreens. 1st ed. University of Florida. 22/06/17.
https://www.researchgate.net/publication/288798806_How_to_grow_microgreens
- FAO. 2014. Anuario Estadístico de la FAO [Internet]. Santiago de Chile. FAO. 22/06/17.
<http://www.fao.org/3/a-i3592s.pdf>
- Gibson J, Whikper B, Cloyd R, Jones R. 1999. Growing asian vegetables as floricultural crops. North Carolina Flower Growers' Bulletin. 4: 1-7.
- Jacques D, Walden R. 2017. A review of the major growing media components [Internet]. 10/09/17.http://www.sungro.com/wpcontent/uploads/2015/10/Review_Major_Growing_Media_Components.pdf
- Johnny's Selected Seeds. 2016. Micro greens production [Internet]. Winslow. Johnny's Selected Seeds. 07/15/2017. <http://www.johnnyseeds.com/growers-library/vegetables/micro-greens-production.html>
- Kaiser C, Ernst M. 2012. Microgreens. University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment. 1-3.
- Koppert Cress. 2017. Fertilizantes para producción de microbrotes. Westland, Holanda. 7/03/17.
- Kou L, Yang T, Luo Y, Liu X, Huang L, Codling E. 2014. Pre-harvest calcium application increases biomass and delays of broccoli microgreens. ELSEVIER. 87. 70-78.
- Kyriacou M, Rouphael Y, Di Goia F, Kyrtzis A, Serio F, Renna M, De Pascale S, Santamaria P. 2016. Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. ELSEVIER. 57. 103-105.
- Montes, A. 2017. Rendimientos de microbrotes en Colombia. Medellín, Colombia. 10/09/17

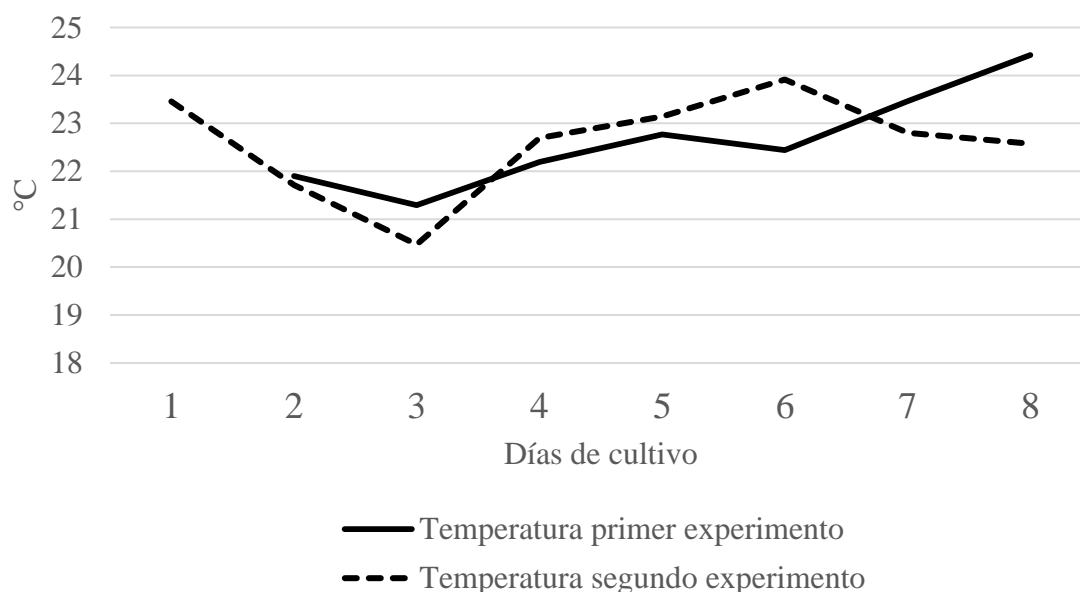
- Muchjajib U, Muchjajib S, Suknikom S, Butsai J. 2015. Evaluation of organic media alternatives for the production of microgreens in Thailand. *Acta Hort.* 1102. 157-162.
- Murphy C, Llorca K, Pill W. 2010. Factors affecting the growth of microgreen table beet. *International Journal of Vegetable Science.* 16. 253-266.
- Owen G, Lopez R. 2015. Evaluating container substrates and their components. Purdue extension. 15/09/17. <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/HO/HO-255-W.pdf>
- Treadwell D, Hochmuth R, Lamdrum L, Laughlin W. 2013. Microgreens: A new speciality crop [Internet]. University of Florida IFAS Extension. 26/09/17. <http://edis.ifas.ufl.edu/hs1164>
- True Leaf Market. 2016. Hydroponic growing pads [Internet]. 22/06/17. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19990306615>
- Ugarte C, Trupkin S, Ghinglione H, Slafer G, Casal J. 2010. Low red/ far-red ratios delay spike and stem growth in wheat. *Journal of Experimental Botany.* 61: 3151-3162.
- Will E, Faust E. 2010. Growing media for greenhouse production[Internet]. Knoxville. University of Tennessee. 22/06/17. http://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1027&context=utk_agexcohort

7. ANEXOS

Anexo 1. Humedad relativa registrada durante el ciclo de cultivo en la primera y segunda réplica del experimento uno. Datos tomados de la estación climatológica de Campus Central, Zamorano.



Anexo 2. Temperatura promedio registrada durante el ciclo de cultivo en la primer y segunda réplica del experimento uno. Datos tomados de la estación climatológica de Campus Central, Zamorano.



Anexo 3. Análisis de suelo realizado por el Laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana.

Variable	g/100g			mg/kg (extractable)					
	pH	Carbono orgánico	Materia orgánica	N total	P	K	Ca	Mg	Na
	7.39	1.89	3.27	0.16	239	679	2491	197	1
Nivel			Medio	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Medio