



**Producción de plantines de *Lactuca sativa*
L. y *Solanum lycopersicum* L. con
diferentes sustratos en macetas**

Trabajo final de grado

Universidad Nacional de Lomas de Zamora
Facultad de Ciencias Agrarias

Autor: Alan Germán Di Dio

Directora: Ing. Agr. Mg. Ana Clara Sokolowski

Co- directora: Dra. Bárbara Prack Mc Cormick

Fecha: 21 de septiembre de 2023

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quería agradecer inmensamente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Una institución pública que me brindó los conocimientos para formarme como ingeniero agrónomo. Agradecer además a todas las personas, docentes y no docentes que la integran y a mis compañeros que han sido participe de este proceso, realizando su aporte en las diferentes áreas que llevaron al día de hoy a la culminación de mi paso por la Facultad.

En segundo lugar, quisiera agradecer a mis padres quienes fueron mis acompañantes durante toda la carrera, apoyándome y motivándome para no bajar los brazos aún en situaciones adversas.

Por último, no quiero dejar de agradecer a mi directora la Ingeniería Agrónoma Magister Ana Clara Sokolowski y a mi codirectora la Doctora Bárbara Prack McCormick, por su apoyo, ayuda y su colaboración en la realización de este escrito.

Es un momento muy especial para mí y espero que perdure no solo en la mente de las personas que agradecí sino también en quienes invirtieron su tiempo en mi proyecto de tesis; a ellos a si mismo agradezco con todo mi ser.

RESUMEN

Los productores familiares elaboran sus estrategias productivas de acuerdo a sus posibilidades, buscando una diversificación de productos que les permita continuar en el circuito productivo. Hoy en día, está en auge la realización de huertas agroecológicas ya que permite obtener alimentos más diversos, sanos. La producción de plantines hortícolas en maceta podría ser utilizada por productores para la venta al público en general, un nuevo nicho en el mercado, que quiere tener su huerta agroecológica en casa. Con ello podrían diversificar la producción y mejorar su rentabilidad. La producción de plantines de calidad requiere de sustratos adecuados. El alto uso de sustratos comerciales, resulta ser un gasto para los productores hortícolas y están fabricados a partir de recursos orgánicos de lenta renovación. En este punto, aparecen otras alternativas más sustentables como componente de los sustratos para plantines. Se pueden incluir, el compost de residuos de la producción animal o de la cadena de la comercialización de frutas y verduras. En este sentido, el objetivo del trabajo fue estudiar el efecto de emplear sustratos generados a partir de la combinación de diferentes materiales como medio para la producción de plantines de *Lactuca sativa* L. (lechuga) y *Solanum lycopersicum* L. (tomate) en macetas, en la etapa de germinación y hasta el momento óptimo para trasplante. Para cumplir con este objetivo, se llevó a cabo un ensayo bajo invernáculo utilizando macetas con diferentes tratamientos formados a partir de la combinación de componentes comerciales y/o alternativos. Como fuentes orgánicas alternativas se utilizó el compost de residuos vegetales de verdulería y el compost de barrido de corral caprino mezclado con residuos vegetales. Se determinó el pH y la conductividad eléctrica, de los 10 tratamientos. Además, se realizó un registro diario del porcentaje de emergencia, altura promedio y número de hojas verdaderas totalmente expandidas de los plantines hasta llegar al momento óptimo de trasplante. Una vez alcanzado este momento óptimo de trasplante, se cortaron los plantines y se midió el largo final promedio de hoja y de raíz, el número de hojas verdadera totalmente expandidas, el peso fresco y el peso seco de la biomasa aérea y de raíces. En general, en la medida que se incrementa el porcentaje de compost dentro de la mezcla sube el valor de la conductividad eléctrica y del pH. En el caso de lechuga, solo el control comercial y los tratamientos que no tienen tierra negra ni elevado porcentaje de compost en su composición

alcanzan valores aceptables (más de 80 %) de emergencia. En tomate, todos los tratamientos menos el que contiene 100 % de compost de barrido de corral más residuos vegetales, alcanzaron valores aceptables de emergencia. Los plantines de lechuga desarrollados en el control comercial o en tratamientos con 50 % de compost alcanzaron el momento óptimo de trasplante. Por otro lado, los plantines de tomate, desarrollados en ambos controles, o que tienen 50 % de compost o que incluyen tierra negra alcanzaron el momento óptimo de trasplante. Al analizar el tiempo transcurrido en días desde la siembra hasta el momento óptimo de trasplante en ambos cultivos, a medida que decrece el contenido de compost disminuye este tiempo hasta acercarse al control comercial. Asimismo, en lechuga al analizar el largo de hoja promedio el control comercial supera a los tratamientos con 50 % de compost, sin afectar el largo de raíces. En cuanto a la biomasa, se observó el mismo comportamiento solo en peso fresco de la biomasa aérea sin diferencias en el resto. En tomate, el largo de hojas promedio resulta inferior en los tratamientos que incluye 50 % de compost de barrido de corral y residuos vegetales, sin verse afectado el largo promedio de raíces. Al analizar el peso fresco y seco de la biomasa aérea el control con tierra negra, los tratamientos con tierra negra y menor contenido de compost presentaron los mayores valores. No se vio afectado el peso fresco de la biomasa de raíces, pero si el peso seco, donde los controles y los tratamientos que incluyen tierra negra y bajo porcentaje de compost presentaron los mayores valores.

Palabras clave: compostaje, hortícolas, barrido de corral, calidad, residuos orgánicos vegetales.

ABSTRACT

Family farmers develop their production strategies according to their possibilities, seeking a diversification of products that allows them to continue in the production circuit. Nowadays, agro-ecological vegetable gardens are becoming increasingly popular, as they allow producers to obtain more diverse and healthy foodstuffs. The production of vegetable seedlings in pots could be used by producers for sale to the general public, a new niche in the market, who want to have their own agroecological garden at home. With this they could diversify production and improve their profitability. The production of quality seedlings requires adequate substrates. The high use of commercial substrates is an expense for horticultural producers and they are made from organic resources of slow renewal. At this point, other more sustainable alternatives appear as a component of substrates for seedlings. These can include compost from animal production residues or from the fruit and vegetable commercialization chain. In this sense, the aim of this work was to study the effect of using substrates generated from the combination of different materials as a medium for the production of *Lactuca sativa* L. (lettuce) and *Solanum lycopersicum* L. (tomato) seedlings in pots, at the germination stage and until the optimum moment for transplanting. To achieve this, a greenhouse trial was carried out using pots with different treatments formed from a combination of commercial and/or alternative components. Vegetable waste compost from greengrocery stores and goat sweepings compost mixed with vegetable waste were used as alternative organic sources. The pH and electrical conductivity of the 10 treatments were determined. In addition, a daily record was made of the percentage of emergence, average height and number of fully expanded true leaves of the seedlings until the optimum transplanting moment was reached. Once the optimum transplanting time was reached, the seedlings were cut and the average final leaf and root length, number of fully expanded true leaves, fresh weight and dry weight of aerial and root biomass were measured. In general, the higher the percentage of compost in the mixture, the higher the electrical conductivity and pH values. In the case of lettuce, only the commercial control and the treatments without black soil or a high percentage of compost in their composition reached acceptable values (more than 80%) of emergence. In tomato, all treatments except the one containing 100 % compost from barnyard sweepings plus vegetable residues reached acceptable values of

emergence. Lettuce seedlings grown in the commercial control or in treatments with 50 % compost reached the optimum transplanting time. On the other hand, tomato seedlings, developed in both controls, or having 50 % compost or including black soil reached the optimum transplanting time. When analyzing the time elapsed in days from sowing to the optimum time of transplanting in both crops, as the compost content decreases, this time decreases until approaching the commercial control. Likewise, in lettuce, when analyzing the average leaf length, the commercial control outperforms the treatments with 50% compost, without affecting root length. As for biomass, the same behavior was observed only in the fresh weight of aerial biomass, with no differences in the rest. In tomato, the average length of leaves was lower in the treatments that included 50% compost from barnyard sweepings and vegetable residues, without affecting the average length of roots. When analyzing the fresh and dry weight of aerial biomass, the control with black soil, the treatments with black soil and lower compost content presented the highest values. The fresh weight of root biomass was not affected, but the dry weight was, where the controls and the treatments including black soil and low percentage of compost presented the highest values.

Keywords: composting, horticulture, barnyard sweeping, quality, vegetable organic waste.

INDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	5
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	10
1.1 El cultivo de plantines hortícolas para la huerta domiciliaria, una alternativa rentable.....	10
1.2 Generalidades del cultivo de lechuga	11
1.3 Generalidades del cultivo de tomate	12
1.4 La producción de plantines hortícolas.....	13
1.5 Los sustratos.....	14
2. OBJETIVO	19
2.1. Objetivo general.....	19
2.2. Objetivos específicos	19
3. HIPOTESIS	20
3.1. Hipótesis específicas	20
4. MATERIALES Y MÉTODOS	21
4.1 Diseño del ensayo.....	21
4.2 Tratamientos y materiales utilizados	21
4.3 Determinaciones químicas de los sustratos.....	26
4.4 Determinaciones en plantines.....	28
4.5 Diseño y análisis estadístico	32
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
5.1 Calidad fisicoquímica de los sustratos evaluados.....	33
5.2 Emergencia.....	35
5.3 Evolución	39
5.4 Calidad final del plantín.....	43
6. CONCLUSIONES.....	51
7. BIBLIOGRAFÍA	53

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de cada componente que contienen los diversos sustratos.	22
Tabla 2. Caracterización de los materiales compostados.	24
Tabla 3. CE y pH de los sustratos.	34

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Invernáculo y mesadas con bandejas.	21
Figura 2. Sustrato comercial Grow Mix multipro.	23
Figura 3. Perlita.	23
Figura 4. Resaca de río.	23
Figura 5. Tierra negra.	24
Figura 6. Tamiz de trabajo.	25
Figura 7. Macetas utilizadas.	25
Figura 8. Tanque y manguera.	26
Figura 9. Muestras de los sustratos en proceso de secado.	26
Figura 10. Molinillo de metal.	27
Figura 11. Secuencia de la preparación de las muestras para determinación de pH y CE.	28
Figura 12. Determinaciones del sustrato 12 a. pH y 12 b. conductividad eléctrica.	28
Figura 13. Plantín de lechuga (a) y tomate (b) listo para trasplante.	30
Figura 14. Determinación del largo de hojas y raíces promedio de los plantines. 14 a. tomate y 14 b. lechuga.	30
Figura 15. Plantines en el momento de cosecha. 15 a. Lechuga y 15 b. tomate.	31
Figura 16. Determinación del peso fresco y seco de biomasa aérea y de raíces.	31
Figura 17. Porcentaje de emergencia en plantines de lechuga según días después de la siembra.	36
Figura 18. Tiempo transcurrido en días entre la siembra y el máximo % de emergencia alcanzado para lechuga.	36
Figura 19. Porcentaje de emergencia en plantines de tomate según días después de la siembra.	37
Figura 20. Tiempo transcurrido en días entre la siembra y el máximo % de emergencia alcanzado para tomate.	38
Figura 21. Número de hojas verdaderas totalmente expandidas en plantines de lechuga según días después de la siembra. Todos los sustratos donde al menos una maceta emergió.	40
Figura 22. Tiempo transcurrido en días entre la siembra y el momento de trasplante para lechuga.	40
Figura 23. Altura promedio de plantines de tomate en el momento de cosecha. Solo los sustratos donde con plantines con una altura mínima de 10 cm y 4 hojas verdaderas totalmente expandidas.	42
Figura 24. Tiempo transcurrido en días entre la siembra y el momento de trasplante para tomate.	43
Figura 25. Largo de hoja promedio en plantines de lechuga según el sustrato.	44
Figura 26. Largo de raíz promedio en el cultivo de lechuga según tratamiento.	44

Figura 27. Peso fresco (A) y peso seco de la biomasa aérea (B) promedio de los plantines de lechuga según sustrato.	45
Figura 28. Peso fresco (A) y peso seco de raíz (B) en el cultivo de lechuga según sustrato.....	46
Figura 29. Largo de hoja promedio en plantines de tomate según sustrato..	47
Figura 30. Largo de raíz promedio en plantines de tomate según sustrato.....	47
Figura 31. Peso fresco (a) y peso seco de la parte aérea (b) en plantines de tomate según sustrato.	48
Figura 32. Peso fresco (a) y peso seco de raíz (b) en plantines de tomate según sustrato.....	50

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Porcentaje de emergencia.	¡Error! Marcador no definido.
--	--------------------------------------

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 El cultivo de plantines hortícolas para la huerta domiciliaria, una alternativa rentable.

Los productores familiares elaboran sus estrategias productivas de acuerdo a sus posibilidades, buscando una diversificación de productos que les permita continuar en el circuito productivo ante dificultades de mercado o climáticas. A su vez no cuentan con vehículos utilitarios, condicionando la venta de la producción. En algunos casos se alquilan fletes para transportarlo a los mercados concentradores o comercios minoristas directos como ferias, involucrándose parte de la familia en la etapa comercial. Los productores no cuentan con financiamiento externo que permitan fortalecer los aspectos productivos. Esto ha sido analizado como una limitante para un tipo de producción que requiere dinero para insumos. La búsqueda de nuevos puntos de venta que permitan la comercialización de productos de la agricultura familiar, con la incorporación de un proceso de transición hacia prácticas más sustentables, es la apuesta a mediano plazo. La venta directa sin intermediarios, del productor al consumidor, es un canal que se percibe como muy atractivo en los precios e ingresos de los productores (Cieza, 2012).

Las ferias y mercados populares son una de las formas más conocidas y diseminadas, surgidas a partir de diversas organizaciones de la sociedad civil, para dar respuesta a dos problemas distintos pero relacionados: por un lado, la elevación constante de los precios de los productos alimenticios; por otro lado, el intento de contribuir con las organizaciones para comercializar y distribuir sus productos, que tienen serias dificultades a la hora de competir con los sectores más concentrados. Asimismo, las ferias de la agricultura familiar promueven y comercializan los productos surgidos de las unidades familiares. La generación de cadenas de valor de la economía social puede ser vista como un mecanismo para resolver la problemática planteada inicialmente respecto del dilema de los productores de la economía social, quienes practican la autogestión asociativa al interior de los emprendimientos productivos, pero deben abastecerse de materias primas en el mercado y luego colocar allí sus productos (Mautone *et al.*, 2014).

La producción de plantines hortícolas en maceta podría ser utilizada por productores tanto hortícolas como florícolas, para la venta al público en general que quiere tener

su huerta agroecológica en casa. Con ello podrían diversificar la producción y mejorar su rentabilidad (García, 2016).

Hoy en día, está en auge la realización de huertas agroecológicas ya que permite obtener alimentos más diversos, sanos y libres de productos tóxicos que pondrían en riesgo nuestra salud. Con el fin de promover la mayor fertilidad de los suelos, y en consecuencia obtener plantas fuertes y sanas para la huerta, se puede abonar la tierra con fertilizantes naturales, como el compost que proviene de la descomposición controlada de restos de cocina y estiércoles de animales de granja. Disminuyendo el uso de productos químicos artificiales como los fertilizantes químicos o los pesticidas sintéticos para la eliminación de las plagas que afectan los cultivos. La propuesta de huerta agroecológica es un modelo de aprendizaje, que hace a la riqueza de esta forma de producir nuestros propios alimentos (Bairó, 2023).

En la actualidad son muchas las personas interesadas en crear un pequeño huerto en casa, en un balcón, terraza o patio y se convierte en una actividad que puede ser muy satisfactoria y enriquecedora. Surge entonces un nuevo nicho dentro del mercado, donde aparecen los consumidores de plantines hortícolas. Cuanto más urbano es el paisaje que nos rodea más éxito tendrá esta experiencia que nos permitirá entender mejor la Naturaleza y valorar la contribución de la agricultura tradicional y ecológica al desarrollo sostenible (Romero Rivera, s.f.; Lattuca, 2012 y FAO, 2014). La utilización de macetas para plantines hortícolas con perspectiva de horticultura urbana ofrece ventajas como el ahorro de espacio, mayor control sobre las condiciones de cultivo, movilidad, reducción del riesgo de plagas y enfermedades, estética y facilidad de mantenimiento. Estos beneficios hacen que las macetas sean una opción práctica y conveniente para cultivar hortalizas en entornos urbanos. Se piensa trabajar con especies hortícolas que son muy elegidas y utilizadas por los consumidores en el día a día.

1.2 Generalidades del cultivo de lechuga

La lechuga es una de las hortalizas que más se consume en fresco, siendo la especie más utilizada en la preparación de ensaladas. Es un alimento importante por su alto tenor en elementos minerales y por su riqueza en vitaminas, con un bajo contenido calórico. *Lactuca sativa* L. (lechuga) es una planta herbácea anual y

autógama. El tallo es corto hasta el momento óptimo de la cosecha, sin embargo, una vez iniciada la etapa reproductiva se produce un alargamiento del mismo para dar lugar a la floración (Marhuenda y García, 2017). Las hojas tienen la característica de ser sésiles, distribuidas en forma de roseta densa alrededor del tallo. Dependiendo de la variedad, el desarrollo de la roseta puede continuar durante el desarrollo vegetativo, formar una cabeza redondeada o elongada. Asimismo, tanto las hojas como el borde de los limbos y el color son determinadas por la variedad y cultivar (Jaramillo *et al.*, 2016). Las hojas están desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado (Rubio, 2002). La inflorescencia es un capítulo floral amarillo dispuestos en racimos (Parsons, 1987). Posee una raíz pivotante que puede llegar hasta los 30 cm de profundidad, y numerosas raíces laterales de absorción que se desarrollan cerca de la superficie del suelo (Saavedra, 2017).

1.3 Generalidades del cultivo de tomate

El *Lycopersicon esculentum* L. es uno de los productos hortícolas más importantes por su alto consumo, gran superficie en producción y por la investigación desarrollada en torno a esta especie. La producción y el consumo de su fruto están muy difundidos en todo el mundo. Contribuye significativamente a la nutrición humana debido a su alta calidad nutricional y aporte vitamínico principalmente de vitamina C y además aporta potasio, magnesio y fibra (Vagnoni *et al.*, 2014; SENASA, 2022). En Argentina es uno de los favoritos, su consumo ronda los 16 kg por persona al año y es elegido tanto en fresco, como en seco o industrializado. Su sabor está determinado esencialmente por el contenido en azúcares y ácidos orgánicos, mientras que su composición difiere de acuerdo a la variedad, la forma de cultivo y a su estado de madurez. El tomate es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas. Puede llegar hasta los 2,5 m de longitud. Su superficie es angulosa, provista de pelos agudos y glándulas que desprende un líquido de aroma muy característico. Presenta una epidermis provista de estomas, una corteza formada por parénquima y tejido de sostén en forma de anillo continuo. Las hojas, compuestas, se insertan sobre los diversos nudos, en forma alterna. El limbo se

encuentra fraccionado en siete, nueve y hasta once foliolos. Al igual que el tallo están provistas de glándulas secretoras de una sustancia aromática. El sistema radicular de la planta presenta una raíz principal, pivotante que crece unos 3 cm al día hasta que alcanza los 60 cm de profundidad. Simultáneamente se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa. Este sistema radicular, puede ser modificado por las prácticas culturales (Rodríguez *et al.*, 1997). La duración del ciclo del cultivo del tomate está determinada por la variedad y por las condiciones climáticas de la zona en la cual se establece el cultivo. La fase de desarrollo vegetativo de la planta, comprende la siembra, seguida de la germinación; posteriormente la formación de hojas verdaderas y finalmente el trasplante a campo. La época adecuada de trasplante es cuando se expanden totalmente 4 hojas verdaderas (Jaramillo Noreña *et al.*, 2012; INIA, 2019) o cuando la altura de plantín alcanza una altura de 10 a 15 cm (Vavrina, 2002).

1.4 La producción de plantines hortícolas

Al momento de pensar en iniciar una huerta se requiere un buen establecimiento inicial del cultivo para asegurar el producto final. Para ello se requiere plantines de calidad. Al hablar de plantines, nos referimos a una planta establecida que tiene un sistema radicular parcialmente desarrollado, cierta cantidad de hojas, una altura y desarrollo de tallo específicos según la especie; los mismos se cultivan en contenedores y posteriormente se trasplantan al campo (CENTA, 2018). La cantidad de hojas verdaderas (INIA, 2019), el diámetro de tallo y la altura del plantín (Martínez *et al.*, 2010) son elementos a considerar para definir el momento óptimo que deben tener las distintas especies hortícolas para ser trasplantadas al terreno definitivo y proseguir su cultivo.

La siembra de semillas puede hacerse en forma directa, en el lugar definitivo en el que la planta permanecerá hasta la cosecha, o en un lugar provisorio, en el que las plántulas pasan las primeras etapas de crecimiento, para ser luego trasladadas al lugar definitivo (Wien, 1997). En este último caso, el cultivo se inicia a partir de plantines ya sea en almácigos, bandeja multiceldas o macetas hasta trasplante (Ramoá, 2019). Frente a la siembra directa, la realización de trasplantes permite un uso más eficiente de la semilla y del agua, un mejor control de las condiciones

ambientales y sanitarias, y una preparación más esmerada del sustrato a utilizar. También permite seleccionar, al momento del trasplante, los plantines de mayor calidad y uniformidad para la iniciación del cultivo. Esto logra un establecimiento más homogéneo, y como consecuencia un incremento en verduras cosechadas (Andriolo *et al.*, 2003).

Es muy importante tener en cuenta que estos recipientes deben tener drenaje para que el agua pueda escurrir. A diferencia de los almácigos tradicionales, en las macetas, cuando el plantín se retira sale con el pan de tierra recubriendo sus raíces. De esta manera, se evita la ruptura de las raíces y el shock de trasplante, logrando un mayor éxito aún en huertas familiares. Además, se previenen enfermedades que pueden ingresar a través de las raíces dañadas (Ramoá, 2019). Por otro lado, las plantas que crecen en celdas con volúmenes pequeños experimentan restricciones de las raíces de los plantines, cambios morfológicos y fisiológicos en respuesta a esta reducción. El crecimiento aéreo y radicular, la acumulación y partición de biomasa, la fotosíntesis, el contenido de clorofila en las hojas, la relación del agua en la planta, la absorción de nutrientes, la floración y el rendimiento, se verán también afectados por esta restricción (Ne Smith y Duval, 1998).

Para la correcta producción de plantines de tomate y lechuga se necesita una temperatura en el sustrato de 18 a 20°C durante la germinación, una temperatura ambiental, para la mayoría de las especies, entre 18-22°C; una humedad de sustrato de 85-90 %, una humedad relativa ambiente de 80-85 %; una semilla de calidad (más de 80 % de porcentaje de emergencia, porcentaje de pureza, libre de patógenos); buena calidad del sustrato (liviano, poroso, con alta capacidad para retener la humedad, libre de enfermedades, de semillas de malezas y de sustancias tóxicas para las plantas) y prácticas nutricionales, sanitarias y de riego, entre otras, acordes con las necesidades del cultivo (INIA, 2019).

1.4 Los sustratos

El término sustrato refiere a todo material sólido, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, distinto del suelo *in situ*, que al colocarse en un contenedor en forma pura o en mezcla permite el anclaje del sistema radical, desempeñando un

papel de soporte para la planta (Hidalgo Loggiodice, 2009) y asegurando su nutrición mineral (Michelot, 1999).

Es importante considerar que los sustratos pueden influir en el proceso de nutrición mineral de las plantas. La elección de los sustratos depende de diversos factores que afectan el crecimiento de las plántulas, como el pH, la capacidad de intercambio catiónico, la porosidad, la salinidad, entre otros. Además, también se deben tener en cuenta aspectos operativos como el costo, la disponibilidad, la uniformidad y la facilidad de manejo (Cadahía López, 2005). El componente más barato es el uso directo del **suelo** en el relleno de los contenedores. El uso de suelo es favorable por el aporte de minerales que hace a la planta. Los suelos arcillosos, permiten una mejor formación del cepellón (no se desarma al sacarlos del contenedor) y, retienen mejor la humedad. Sin embargo, un exceso de presión del suelo arcilloso dentro del contenedor, puede ser perjudicial para las semillas (Saavedra Del *et al.*, 2017) por el menor espacio poroso que impide el movimiento de agua y aire, generando problemas en la germinación. Dentro de las limitantes del uso del suelo *in situ*, que contribuyeron a la disminución parcial o total de su uso en los cultivos bajo cubierta, se destaca la proliferación de patógenos (Raviv y Leith, 2008). Asimismo, la salinización, el agotamiento de la fertilidad natural del suelo y a la degradación física del mismo, obligaron a la búsqueda de tecnologías para el desarrollo de diferentes materiales y mezclas para lograr un sustrato con características apropiadas para el cultivo de las plantas en macetas.

La **turba** se usa como sustrato debido a su excelente combinación de propiedades fisicoquímicas como bajo pH, alta capacidad de intercambio catiónico y porosidad adecuada (Inbar *et al.*, 1990). La turba se utiliza como componente del sustrato debido a que aumenta la capacidad de retención de agua y la porosidad, lo que mejora la aireación y el drenaje. Además, facilita el desarrollo radicular, aumenta el efecto amortiguador del sustrato para equilibrar el pH y las sales solubles, y actúa como una fuente de liberación lenta de nitrógeno, mejorando así la disponibilidad de nutrientes para la planta (FAO, 2002). Su modo de funcionamiento es único, tanto desde el punto de vista de su hidrología como del de la génesis de su suelo y el de las comunidades que las habitan. Las reservas de turba son limitadas y no renovables y, consecuentemente, el uso indiscriminado de la turba en horticultura puede provocar un impacto negativo al ambiente (Abad *et al.*, 1996). En los sistemas de producción de cultivo sin suelo en todo el mundo, es común la utilización de

turbas puras o en mezclas con otros materiales (Acosta Durán *et al.*, 2008). Sin embargo, en algunos países existen reglamentaciones que restringen la explotación de las turberas y, por ello, han buscado otros materiales alternativos para los sistemas de producción de cultivo sin suelo (Martínez y Roca, 2011).

Por ello, en el sector hortícola, otro material muy empleado como componente en la formulación de sustrato es la **resaca de río**. Este se produce por una acumulación de residuos vegetales en condiciones anaeróbicas en la zona del delta del Río Paraná (Valenzuela y Gallardo, 2005). Sus características principales son similares a la de la turba, con muy buenas propiedades físicas, tales como baja densidad aparente, alta porosidad y capacidad de retención de agua (Gallardo *et al.*, 2006). Aporta una gran cantidad de materia orgánica, nutrientes y microorganismos que son fácilmente aprovechados por las plantas. Es muy liviana y permite a las plantas un normal desarrollo radical. Se adapta a cualquier cultivo o plantación ya que su pH ligeramente ácido se neutraliza en contacto con la tierra, retiene muy bien la humedad y no permite el endurecimiento rápido del suelo. Si bien es un material económico, las mezclas y proporción del mismo dentro del sustrato depende del capital de la empresa y el asesoramiento agronómico (Di Benedetto *et al.*, 2003).

La **perlita** es un material inorgánico muy utilizado como componente de sustratos en la horticultura. Es un silicato de aluminio de origen volcánico. El mineral de partida se muele y es transformado industrialmente mediante un tratamiento térmico con precalentado entre 300 a 400° C y con un tratamiento posterior en hornos llegando hasta 1000° C. A estas temperaturas, pierde el agua de composición contenida en sus partículas, obteniendo un material muy ligero con una alta porosidad. Se presenta en partículas blancas cuyas dimensiones varían entre 1,5 y 6 mm (Soria, 2002). En el mercado existen diferentes tamaños de partícula, que dan lugar a los distintos tipos de perlita. Posee una capacidad de retención de agua de hasta cinco veces su peso y una elevada porosidad. Su capacidad de intercambio catiónico es muy baja a nula y su durabilidad está limitada al tipo de cultivo, pudiendo llegar a los 5 o 6 años. Su pH está cercano a la neutralidad, entre 7 a 7,5. No obstante, su uso plantea un significativo problema ambiental, ya que se convierte en residuo después de ser utilizado como medio de cultivo debido a su falta de biodegradabilidad. (Domeño *et al.*, 2009).

Los materiales más costosos, como la perlita y la vermiculita, contrastan con aquellos de menor costo, como la corteza de pino, la pinocha, la turba, la resaca de

río, el suelo y el compost de animales de corral, entre otros. Se ha buscado sustituir estos materiales de alto costo por otros de amplia disponibilidad regional y bajo costo, según indica Valenzuela *et al.* (2014). Estos productos son considerados sustratos alternativos. Algunas propuestas sugieren llamarlos sustratos regionales o sustratos basados en componentes locales. Otra opción es simplemente utilizar el nombre de los materiales utilizados en la mezcla (Valenzuela y Gallardo, 2005; Valenzuela *et al.*, 2014).

De la misma manera, se ha buscado reemplazar al suelo, o tratar de reducir su proporción en las mezclas con otros componentes. Una de las posibles alternativas es utilizar el **compost de residuos vegetales y animales**. El compost puede ser elaborado a partir de una gran variedad de materiales, como residuos orgánicos vegetales, restos de poda, cáscara de arroz, aserrín, bagazo de caña, estiércol vacuno, guano, cama de pollo, barrido de corral de cabras, residuos de la elaboración de té y yerba, etc. (Wattier *et al.*, 2019). Se ha demostrado en muchos estudios que la mayoría de los residuos orgánicos no pueden ser utilizados directamente, debido a un conjunto de efectos negativos para las plantas, como la fitotoxicidad, la inmovilización de nitrógeno, la salinidad, la alcalinidad o la inadecuada estructura, entre otros (Costa *et al.*, 1991). La fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos incluye los residuos de origen orgánico. Esto abarca los restos de alimentos, residuos pecuarios, estiércol, poda de árboles, barrido de calles, ramas, paja y plantas. Estos elementos son todos putrescibles, originando malos olores como resultado de la fermentación (Bernal *et al.*, 2009). El barrido de corral caprino también puede compostarse. El estiércol o guano de cabra es considerado un excelente abono y comparte con el de la oveja el máximo poder fertilizante entre los abonos animales u orgánicos. Su riqueza en nitrógeno, en fósforo y en potasio lo convierte en un abono orgánico nitro-fosfo-potásico de gran valor para ciertos cultivos. Figura entre los más ricos en nutrientes, contiene alrededor de 7 % de nitrógeno, 2 % de fósforo, 10 % de potasio, además de todos los oligoelementos. En los estiércoles de animales, se utiliza comúnmente una cama de material seco (como paja, viruta o cascarilla de arroz) para absorber y contener parte de las deyecciones. Esto facilita la recolección y limpieza en los lugares de estabulado de manera más eficiente y rápida. Además, este material que se mezcla con las deposiciones contribuye al correcto proceso de compostaje. Su gran calidad depende de la pureza del estiércol, de su compactación y su secado, del tipo de

corral que se usa para el encierre y del manejo de la majada caprina (INTA, 2021). En las últimas décadas, los subproductos o desechos urbanos o industriales se han utilizado como medios de crecimiento de plantas (Valenzuela y Gallardo, 2005). Por lo tanto, se han llevado a cabo investigaciones para desarrollar sustratos a partir de residuos o subproductos agrícolas e industriales, utilizando un proceso de compostaje para obtener un producto estable y seguro. Esto se propone con el objetivo de prevenir el daño al ambiente causado por la generación y acumulación de estos residuos o subproductos (Burés, 1997). En la actualidad, existen pocos estudios sobre la aparición, evolución y calidad de plántulas que incorporan compost de diferentes fuentes como componentes de los sustratos. Además, no se conocen los porcentajes más adecuados de estos en las mezclas, junto con los demás materiales utilizados por los productores de horticolas para la producción de plantines destinados a la huerta domiciliaria.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo general

Estudiar el efecto de emplear sustratos generados a partir de la combinación de diferentes materiales como medio para la producción de plantines de *Lactuca sativa* L. (lechuga) y *Solanum lycopersicum* L. (tomate) en macetas, en la etapa de germinación y hasta el momento óptimo para trasplante.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar las propiedades químicas de los diferentes sustratos utilizados a través de la conductividad eléctrica y el pH.
- Evaluar el porcentaje de emergencia de plantines de *Lactuca sativa* L. (lechuga) y *Solanum lycopersicum* L. (tomate) producidos en diferentes sustratos en macetas.
- Evaluar la evolución, desde la siembra hasta el momento de trasplante, de plantines de *Lactuca sativa* L. (lechuga) a través del número de hojas verdaderas totalmente expandidas y plantines de *Solanum lycopersicum* L. (tomate) a través de la altura de plantín y el número de hojas verdaderas totalmente expandidas, producidos en diferentes sustratos en macetas.
- Estudiar la calidad final de plantines de *Lactuca sativa* L. (lechuga) a través del peso fresco y peso seco de la biomasa aérea y de raíces, largo de hojas promedio y largo de raíces promedio producidos en diferentes sustratos en macetas.
- Estudiar la calidad final de plantines de *Solanum lycopersicum* L. (tomate) a través del peso fresco y peso seco de la biomasa aérea y de raíces y largo de hojas promedio y largo de raíces promedio producidos en diferentes sustratos en macetas.

3. HIPOTESIS

El sustrato generado a partir de la combinación de diferentes materiales y utilizado como medio para la producción de plantines, afecta de manera diferencial la etapa de germinación y hasta el momento óptimo para trasplante de plantines de *Lactuca sativa* L. (lechuga) y *Solanum lycopersicum* L. (tomate) en macetas.

3.1. Hipótesis específicas

- Los valores de conductividad eléctrica y pH dependen del sustrato utilizado.
- El porcentaje de emergencia de plantines de *Lactuca sativa* L. (lechuga) y *Solanum lycopersicum* L. (tomate) producidos en maceta depende del sustrato utilizado.
- La evolución, desde siembra hasta el momento de trasplante, del número de hojas verdaderas totalmente expandidas de plantines de *Lactuca sativa* L. (lechuga) y de la altura de plantín y el número de hojas verdaderas totalmente expandidas *Solanum lycopersicum* L. (tomate) producidos en maceta depende del sustrato utilizado.
- El peso seco y peso fresco de la biomasa aérea y de raíces, el número de hojas, largo promedio de hojas y de raíces de plantines de *Lactuca sativa* L. (lechuga) producidos en maceta, depende del sustrato utilizado.
- El peso seco y peso fresco de la biomasa aérea y de raíces, el número de hojas, largo promedio de hojas y de raíces de plantines de *Solanum lycopersicum* L. (tomate) producidos en maceta depende del sustrato utilizado.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Diseño del ensayo

El ensayo se realizó en el invernáculo de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Lomas de Zamora, Provincia de Buenos Aires durante el mes de noviembre de 2022. Se utilizaron bandejas blancas de plástico donde se colocaron las 12 repeticiones o macetas de cada tratamiento. Estas se ubicaron sobre las mesadas de malla de metal, con las que cuenta el invernáculo (Figura 1).



Figura 1. Invernáculo y mesadas con bandejas.

4.2 Tratamientos y materiales utilizados

En una batea de plástico se mezclaron los componentes, en diferentes porcentajes medidos en volumen, para obtener los 10 tratamientos. Luego se rellenaron las macetas hasta la misma altura con los sustratos y se realizó la siembra a 1,5 cm de profundidad. En cada bandeja blanca se colocó un tratamiento para facilitar el seguimiento y evitar mezclas por escurrimientos del material.

A partir sustrato comercial, perlita, resaca, compostaje de residuos orgánico vegetales, compostaje de residuos orgánicos más barrido de corral y de tierra negra, se prepararon las distintas mezclas. En la Tabla 1 se presentan los distintos sustratos utilizados y los porcentajes de los componentes que contienen cada tratamiento.

Tabla 1. Porcentaje de cada componente que contienen los diversos sustratos.

		Materiales					
		Sustrato comercial	Perlita	Resaca	Compost de restos vegetales	Compost de barrido de corral caprino y restos vegetales	Tierra negra
Tratamientos o Sustratos	CRLsc	100					
	CRLtn						100
	RV100				100		
	RV75		25		75		
	RV50		25	25	50		
	RV25		15		25		60
	CV100					100	
	CV75		25			75	
	CV50		25	25		50	
	CV25		15			25	60

CRLsc (100 % sustrato comercial), CRLtn (100 % tierra negra), RV100 (100 % compost de restos vegetales), RV75 (75 % compost de restos vegetales y 25 % perlita), RV50 (100 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), RV25 (25 % compost de restos vegetales, 15 % de perlita y 60 % de tierra negra), CV100 (100 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales), CV75 (75 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales y 25 % perlita), CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río) y CV25 (25 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 15 % perlita y 60 % de tierra negra).

En cuanto a los materiales o componentes para la formulación de los tratamientos, el sustrato comercial, la perlita, la resaca de río y la tierra negra se obtuvieron en el mercado comercial. Por otro lado, el compost de residuos orgánicos vegetales con hojas secas y el compost de residuos orgánicos con hojas secas más barrido de la producción caprina, se generaron para este trabajo, con materiales presentes en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. A continuación, se presentan los componentes de los tratamientos y los demás materiales utilizados para este trabajo.

Se utilizó el **sustrato comercial** Grow Mix Multipro (Figura 2), el cual contiene turba (musgo *Sphagnum*) de fibras medias, compost de corteza, cal, dolomita y agentes humectantes (Tabla 1). Fue obtenido del vivero Las Acacias, ubicado en Ruta Provincial N°4 946, Luis Guillón, Provincia de Buenos Aires. Este material fue utilizado como un tratamiento **control** (CRLsc). Según el marbete presenta las siguientes características: una densidad sustrato seco es de 175-200 kg m⁻³; una porosidad total es de entre 80-85 %, la capacidad de retención de agua es del 60 % y el agua fácilmente disponible 30-35 %.



Figura 2. Sustrato comercial Grow Mix multipro.

La **perlita** (Figura 3) marca Perlome y la **resaca de río** (Figura 4) marca Bertinat, también fueron obtenidas del vivero Las Acacias, ubicado en RP4 946, Luis Guillón, Provincia de Buenos Aires.



Figura 3. Perlita.



Figura 4. Resaca de río.

Para algunos tratamientos, también se utilizó **tierra negra** (Figura 5) marca Loma Verde, usada como control y como material de la formulación, y al igual que los demás fue obtenida del vivero Las Acacias, ubicado en RP N°4 946, Luis Guillón, Provincia de Buenos Aires.



Figura 5. Tierra negra.

Se trabajó con un **compost** generado a partir del compostaje de residuos orgánicos vegetales obtenidos en verdulerías de la zona con hojas secas, sin incluir cáscaras de huevo ni corte de pasto. Por otro lado, se preparó otro compost generado a partir del compostaje de residuos orgánicos con hojas secas más barrido de la producción caprina. Ambos fueron producidos en composteras de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, asegurando una relación C/N inicial de los materiales adecuada entre 20 y 35. Se trabajó con composteras de madera, con más de un m³ de volumen, con aireación pasiva a través de tubos de PVC perforados en la base y controlando la humedad y temperatura para asegurar su estabilización y maduración. El proceso de compostaje, desde el agregado del material inicial hasta la obtención del producto final, compost, fue seis meses. En la Tabla 2, se observa la composición química de los materiales compostados que fueron utilizados como materiales en la formulación de los diversos tratamientos utilizados.

Tabla 2. Caracterización de los materiales compostados.

Material compostado	pH	CE ds m ⁻¹	MO %	Ce %	Ptot mg kg ⁻¹	Nt %
Barrido de corral caprino y restos orgánicos vegetales	7,65	4,69	50,73	49,27	5486,17	1,89
Residuo vegetal	9,34	4,63	51,60	48,40	4434,25	2,08

pH y CE: potencial de hidrógeno y conductividad eléctrica por extracto acuoso con agua destilada en una relación 1:10 y MO y Ce: materia orgánica y cenizas por el método de calcinación (Martínez, 2021); Nt: nitrógeno total por Kjeldahl (SAMPLA, 2004); Ptot (Richards, 1993).

Estos materiales fueron tamizados previamente con un tamiz de 7.937 micrones para disminuir el tamaño de partículas (Figura 6).



Figura 6. Tamiz de trabajo.

Las **semillas** de *Lactuca sativa* L. (lechuga) y *Solanum lycopersicum* L. (tomate), se obtuvieron del programa Pro-Huerta del año 2022 que entrega el INTA a lo largo y a lo ancho del país. Se colocaron 3 semillas por maceta y se raleó hasta dejar solo una para la medición de calidad. Se utilizaron macetas de plástico soplado N° 8 con un volumen de 500 cm³ (Figura 7), previamente lavadas con agua destilada, obtenida del vivero “Las Acacias” ubicado en Ruta Provincial N° 4 946, Luis Guillón, Provincia de Buenos Aires.



Figura 7. Macetas utilizadas.

Las **bandejas de plástico** utilizadas para el ensayo fueron aportadas por el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. En cada bandeja se colocaron 12 macetas del mismo tratamiento y cultivo. El agua de riego, proviene del tanque del invernáculo al igual que la manguera (Figura 8).



Figura 8. Tanque y manguera.

4.3 Determinaciones químicas de los sustratos

Luego del momento óptimo de trasplante de los plantines, se tomaron tres muestras, de diferentes macetas de cada tratamiento y se midió la conductividad eléctrica (CE) y el pH por extracto acuoso con agua destilada en una relación 1:10. Estas muestras fueron colocadas en bandejas y llevadas a temperatura ambiente para la pérdida de humedad del material (Figura 9).



Figura 9. Muestras de los sustratos en proceso de secado.

Una vez secas, se molieron con un molinillo metálico de impacto para forraje marca MOLAB de la empresa Decalab, presente en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Lomas de Zamora (Figura 10).



Figura 10. Molinillo de metal.

El pH y la conductividad eléctrica son indicadores de calidad del compost, resultando una herramienta útil para determinar su uso agronómico. Ambas determinaciones se realizaron siguiendo la metodología del compendio de métodos analíticos para caracterizar compost (Martínez, 2021). Se colocaron entre 2 y 4 g de muestra seca en un tubo Falcon de 50 ml. Se agregó la cantidad de agua para tener una relación 1:10 (en el caso de residuos que presenten baja densidad aparente y ocupen gran volumen se puede preparar una suspensión 1:10, ya que el material debe encontrarse totalmente sumergido al momento de la agitación). Se colocó en un agitador por 20 minutos a 180 golpes por minutos. Luego, se realizó una centrifugación con 4000 rpm durante 15 minutos para obtener una suspensión, debido a las características del material. Primeramente, se determinó la conductividad eléctrica. Se colocó la celda de conductividad en el extracto de la muestra y se realizó la lectura. Se corroboró que la celda quede completamente sumergida en la suspensión, siempre enjuagando el electrodo con abundante agua destilada. Luego se midió el pH de cada muestra. Para determinar el pH se calibró el pHmetro. Se colocó el electrodo en el extracto de la muestra y se realizó la lectura. Se corroboró que la celda quede completamente sumergida en la suspensión, siempre enjuagando el electrodo con abundante agua destilada (Figura 11).



Figura 11. Secuencia de la preparación de las muestras para determinación de pH y CE.

Para estas pruebas se utilizó un conductímetro y un pHmetro aportados por el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Lomas de Zamora (Figura 12). El conductímetro se reguló para valores en mS cm^{-1} y el pHmetro se calibró con una solución *buffer* (tampón) de pH 10 en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Lomas de Zamora.

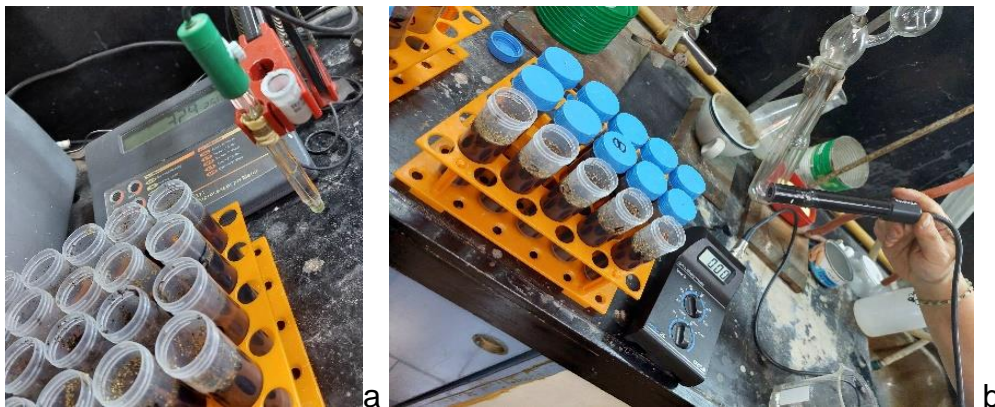


Figura 12. Determinaciones del sustrato 12 a. pH y 12 b. conductividad eléctrica.

4.4 Determinaciones en plantines

A partir de la siembra de las semillas de lechuga y tomate, hasta el momento óptimo de trasplante de los plantines, se realizó el seguimiento de los plantines.

El momento final del plantín para trasplante, se determinó, en el caso de lechuga cuando estos presentaron cuatro hojas verdaderas totalmente expandidas y, en el caso de tomate, cuando estos además de presentar cuatro hojas verdaderas totalmente expandidas, alcanzaron una altura de 10 cm (Figura 13).

En lechuga se registró el porcentaje de emergencia, el tiempo en días que tardaron en alcanzar el máximo porcentaje de emergencia del tratamiento (bandeja), la

evolución del número de hojas totalmente expandidas y el tiempo en días que tardaron en alcanzar el momento óptimo para trasplante.

En el caso de los plantines de tomate, se registró el porcentaje de emergencia, el tiempo en días que tardaron en alcanzar el máximo porcentaje de emergencia del tratamiento (bandeja), la evolución de la altura promedio (en mm) y el número de hojas totalmente expandidas y el tiempo en días que tardaron en alcanzar el momento óptimo para trasplante.

El porcentaje de emergencia se realizó a partir del recuento, cada dos o tres días, de la cantidad de macetas con una plántula emergida (Ecuación 1).

$$\text{Emergencia (\%)} = \frac{\text{cantidad de macetas con al menos una semilla emergida} \times 100}{\text{cantidad de macetas total sembradas}}$$

Ecuación 1

El tiempo en días que tardaron hasta alcanzar el máximo porcentaje de emergencia del tratamiento (bandeja) se calculó realizando el conteo de los días que tardaron desde la siembra hasta la emergencia de la mayor cantidad de plántulas en la bandeja.

El número de hojas totalmente expandidas se realizó a partir del recuento, cada dos o tres días, de la cantidad total de hojas verdaderas totalmente expandidas de todos los plantines desde la siembra hasta el momento óptimo de trasplante. Luego se obtuvo un promedio por tratamiento considerando el valor observado en todas las macetas donde hubo desarrollo de las plántulas. Por otro lado, la evolución de la altura promedio se realizó a partir de la medición de la altura con una regla en mm, cada dos o tres días, de todos los plantines desde la emergencia hasta el momento óptimo del trasplante. Luego se obtuvo un promedio por tratamiento considerando el valor observado en todas las macetas donde hubo desarrollo de las plántulas. Por último, el tiempo en días que tardaron en alcanzar el momento óptimo para trasplante se calculó realizando el conteo de los días que tardaron desde la siembra hasta el momento óptimo de trasplante, solo las macetas que alcanzaron esa condición.

Se determinó el tiempo en días que tardaron desde la siembra hasta el momento óptimo para trasplante.



Figura 13. Plantín de lechuga (a) y tomate (b) listo para trasplante.

Luego del momento de trasplante, se descalzaron los plantines teniendo cuidado para no dañar las raíces y se midió, tanto en lechuga como en tomate, el largo de hojas promedio (LHP) y el largo de raíces promedio (LRP). Para las mediciones se utilizó una regla (Figura 14). El largo de hoja promedio se determinó a partir de promediar el largo de las cuatro hojas del plantín de las repeticiones realizadas según el tipo de tratamiento. Largo de raíz promedio representa el largo máximo de la cabellera radicular promedio de las repeticiones según tratamiento.



Figura 14. Determinación del largo de hojas y raíces promedio de los plantines. 14 a. tomate y 14 b. lechuga.

Posteriormente, se procedió a separar la parte aérea de la parte radicular de los plantines (Figura 15) para la determinación del peso.



Figura 15. Plantines en el momento de trasplante. 15 a) Lechuga y 15 b) tomate.

Se registró, tanto en lechuga como en tomate, el peso fresco de la biomasa aérea (PFA) y el peso fresco de la biomasa de raíces (PFR) (Figura 16). Se utilizó una balanza de precisión ubicada en el Laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Lomas de Zamora. El material vegetal fresco cosechado se colocó en bolsas de papel y se llevó a estufa a 70° C hasta peso constante, luego se registró el peso seco de la parte aérea (PSA) y el peso seco de raíces (PSR).

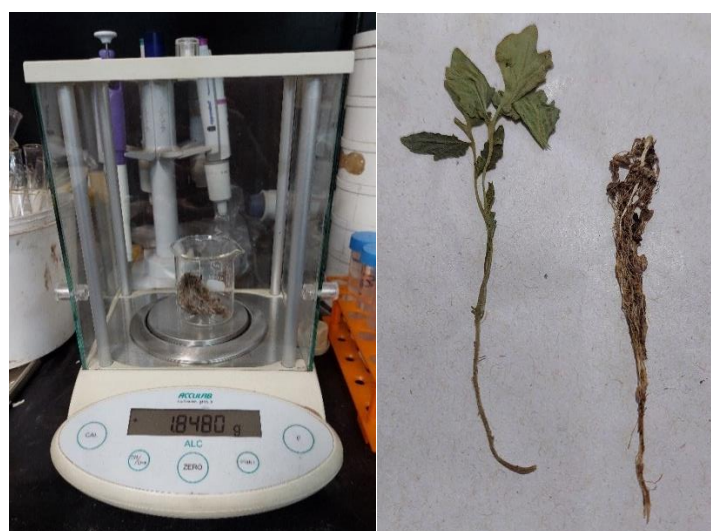


Figura 16. Determinación del peso fresco y seco de biomasa aérea y de raíces.

4.5 Diseño y análisis estadístico

El diseño estadístico utilizado fue completamente aleatorizado con 10 tratamientos (sustratos con distintas formulaciones) (Tabla 1). Para el análisis estadístico y tratamiento de los datos de suelo se trabajó con 3 repeticiones y en el caso de los plantines se trabajó con 12 repeticiones. En el apartado de resultados primero se presenta el análisis de varianza de la conductividad eléctrica y del pH de los sustratos sobre los cuales crecieron las plantas y, luego se analizan los resultados de los plantines.

En cuanto a las determinaciones sobre los plantines, la evolución del porcentaje de emergencia en ambos cultivos se presenta de manera descriptiva. Luego, se realiza un análisis de varianza respecto al tiempo transcurrido en días desde la siembra hasta el máximo porcentaje de emergencia alcanzado para cada tratamiento. Seguidamente, se muestra la evolución del número de hojas verdaderas totalmente expandidas para los plantines de lechuga y, la altura de planta y número de hojas verdaderas totalmente expandidas para los plantines de tomate, desde la emergencia hasta el momento óptimo de trasplante de cada tratamiento. Además, se realiza un análisis de varianza respecto al tiempo transcurrido en días desde la siembra hasta el momento óptimo de trasplante, de aquellos tratamientos que alcanzaron esta condición. Finalmente, una vez alcanzado el momento óptimo del trasplante, para ambos cultivos y solo en aquellos tratamientos que llegaron a ese momento, se evaluó el efecto sobre el PFR (peso fresco de la biomasa de raíces), PFA (peso fresco de la biomasa aérea), PSR (peso seco de la biomasa de raíces), PSA (peso seco de la biomasa aérea), LRP (largo de raíz promedio) y LHP (largo de hoja promedio).

Los efectos sobre las variables medidas se evaluaron estadísticamente mediante un análisis de varianza utilizando el paquete estadístico InfoStat versión 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020). Las medias significativamente diferentes se separaron usando test DGC ($p < 0,05$). Se comprobaron los supuestos de normalidad del error y de heterogeneidad de varianzas.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Calidad fisicoquímica de los sustratos evaluados

La Tabla 3 muestra los valores promedio y el desvío estándar de la conductividad eléctrica (CE) y el pH de los tratamientos utilizados.

Al analizar la CE se puede observar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), diferenciándose en seis grupos. Los controles CRLsc y CRLtn presentaron los menores valores, y a su vez se diferenciaron entre ellos, donde CRLsc no superó los 2 dS m^{-1} y CRLtn no superó los 3 dS m^{-1} . Warncke (1988) recomienda que la CE no debe superar el valor de 3 dS m^{-1} . Seguidamente, y sin diferencias entre ellos, se encuentran CV25, RV25, RV50 y RV75 que no superan el valor de 4 dS m^{-1} y, finalmente, los tratamientos CV50, CV75, CV100 y RV100 que superaron los valores de 4 dS m^{-1} hasta los 6 dS m^{-1} . El cultivo de lechuga es relativamente sensible a la elevada salinidad, siendo el rango de los valores umbrales óptimo para la especie, entre $1,0$ y $1,4 \text{ dSm}^{-1}$ (Carranza *et al.*, 2009). Algunos estudios han demostrado que al sobrepasar el valor de 3 dS m^{-1} , la absorción de agua y nutrientes disminuye, lo que provoca una menor productividad (Bilal *et al.*, 2020). Por su parte, el cultivo de tomate es considerado moderadamente sensible a la salinidad. Según *Queensland Government* (2009), el promedio del umbral es de $2,3 \text{ dSm}^{-1}$, pudiéndose considerar valores aceptables hasta los $2,5 \text{ dSm}^{-1}$ (Hanna, 2003).

En cuanto al pH, también se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). Los controles CRLsc y CRLtn presentaron los menores valores, y a su vez se diferenciaron entre ellos, donde CRLsc no superó un valor de 7 y CRLtn alcanzó 7,5. Por otro lado, CV25, RV25 y CV100 no se diferenciaron y no superaron el valor de 8. Los tratamientos CV50 y RV 50 no superaron un valor de 9. Finalmente, CV75, RV75 y RV 100 presentaron los mayores valores de pH superando el valor de 9. Para una óptima germinación en el cultivo de lechuga, el pH debe permanecer entre los valores de 5 y 7. En este rango, tanto los macronutrientes como los micronutrientes se encuentran solubles y pueden ser aprovechados por la planta, tanto en esta etapa inicial como en la etapa de crecimiento (Mickelbart *et al.*, 2007). Además, se ha observado una respuesta lineal

al incrementar las proporciones de compost en la mezcla. En cuanto al cultivo de tomate, el rango óptimo de pH para la germinación se encuentra entre valores de 5,5 y 6,5 (Verdonck *et al.*, 1988). Durante la etapa de crecimiento, el tomate puede tolerar un pH de hasta 7,5, pero valores superiores a este provocarán deficiencias de zinc, manganeso y hierro.

En la medida que se incrementa el porcentaje de compost dentro de la mezcla sube el valor de la CE y del pH. Este resultado encontrado, se debe a que la incorporación de proporciones crecientes de un material compostado produjo incrementos en los valores de pH y CE en los tratamientos (Restrepo *et al.*, 2013).

Tabla 3. Valor promedio y desvío estándar de la conductividad eléctrica (CE) y del pH para los diferentes tratamientos (sustratos).

Sustrato	CE (dS m⁻¹)	Desvío estándar	pH	Desvío estándar
CRLsc	1,67 a	0,35	6,30 a	0,36
CRLtn	2,88 b	0,11	7,54 b	0,13
CV25	3,28 c	0,13	7,89 c	0,12
RV25	3,39 c	0,13	7,95 c	0,04
RV50	3,29 c	0,18	8,82 e	0,05
RV75	3,61 c	0,06	9,84 g	0,05
CV75	4,89 e	0,17	9,15 f	0,04
CV50	4,07 d	0,17	8,34 d	0,16
CV100	5,18 e	0,06	7,94 c	0,04
RV100	5,88 f	0,12	9,04 f	0,07

CRLsc (100 % sustrato comercial), CRLtn (100 % tierra negra), RV100 (100 % compost de restos vegetales), RV75 (75 % compost de restos vegetales y 25 % perlita), RV50 (100 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), RV25 (25 % compost de restos vegetales, 15 % de perlita y 60 % de tierra negra), CV100 (100 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales), CV75 (75 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales y 25 % perlita), CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río) y CV25 (25 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 15 % perlita y 60 % de tierra negra). Las letras diferentes indican las diferencias estadísticamente significativas.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de los indicadores de emergencia, evolución y calidad final de plantines de lechuga y tomate, seleccionados para evaluar la calidad de los diferentes tratamientos.

5.2 Emergencia

Lechuga

En la Figura 17 se observa el porcentaje de emergencia de las plántulas de lechuga para los diferentes tratamientos, donde en al menos una maceta se registró emergencia. En los tratamientos CRLtn, CV25 y RV25 no se registró emergencia en ninguna de las macetas; esto puede deberse a una menor humedad retenida en aquellos tratamientos que incluyen tierra negra (Quesada Roldán y Méndez Soto, 2005), que sumado a las elevadas temperaturas estivales pudieron generar una termodormancia e impedir la correcta germinación de las semillas de lechuga. Guevara (1999), indicó que cuando se incrementa la temperatura ocurre también un aumento en la intensidad de las reacciones metabólicas, por lo que el consumo de oxígeno en el embrión es mayor; además, el aumento de la temperatura del medio reduce la cantidad de oxígeno disponible en solución, lo que dificulta aún más el intercambio gaseoso necesario para la semilla. Del resto de los tratamientos, sólo CRLsc alcanzó el 100 % de emergencia, lo cual podría atribuirse a sus características físico-químicas, que posee mayor retención de humedad, porosidad total y reducida conductividad eléctrica. Los tratamientos RV50 y CV50 superaron el 80 % de porcentaje de emergencia (PE) siendo los tratamientos con valores más cercanos al CRLsc. Por otro lado, entre los tratamientos mayormente compuestos por compost, el CV100 apenas superó el 50 % y CV75, RV100 y RV75 resultaron aún más bajos. Estos resultados podrían deberse a la alta conductividad eléctrica y al bajo espacio poroso total de los compost, que afecta la capacidad de intercambio gaseoso del medio disminuyendo el contenido de oxígeno disponible para la germinación de las semillas (Handreck y Black, 2002).

Este cultivo es más susceptible a la salinidad (entre $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ y $1,4 \text{ dS m}^{-1}$) (Carranza *et al.*, 2009), que el del cultivo de tomate (entre $2,3 \text{ dS m}^{-1}$ y $2,5 \text{ dS m}^{-1}$) (Hanna, 2003), así como también a las altas temperaturas estivales. Por lo tanto, en este ensayo sólo los tratamientos CRLsc, RV50 y CV50 alcanzaron valores aceptables de porcentaje de emergencia (PE), mayores al 80 % (INIA, 2019).

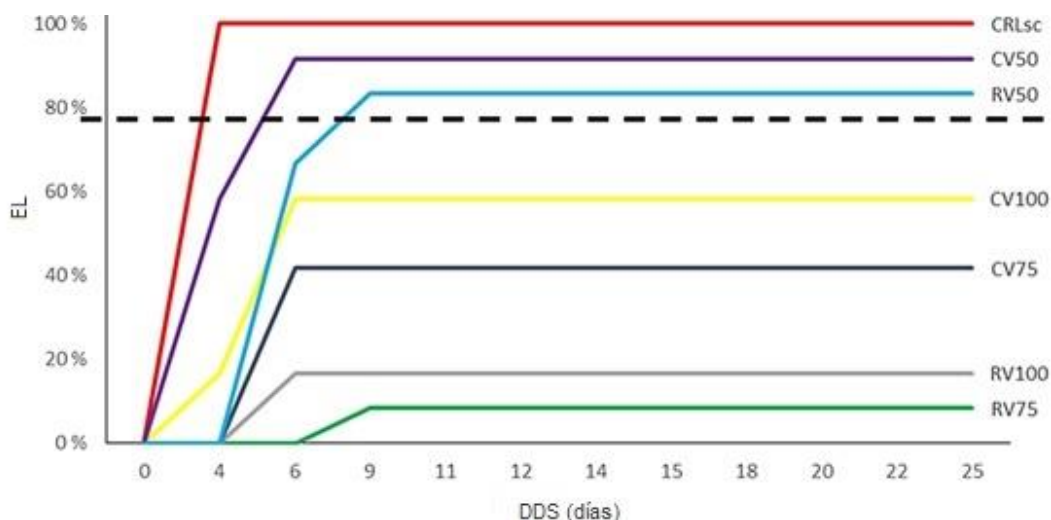


Figura 17. Porcentaje de emergencia (EL) en plántulas de lechuga según días después de la siembra (DDS).

CRLsc (100 % sustrato comercial), RV100 (100 % compost de restos vegetales), RV75 (75 % compost de restos vegetales y 25 % perlita), RV50 (100 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), CV100 (100 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales), CV75 (75 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales y 25 % perlita), CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río). Con línea punteada se señala el % mínimo aceptable de emergencia.

Al analizar el tiempo transcurrido en días entre la siembra y el máximo porcentaje de emergencia alcanzado para lechuga (TEI) se pudieron establecer dos grupos con diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). El primer grupo lo integró el tratamiento RV75, con el mayor valor de TEI (Figura 18), coincidiendo con el menor % de emergencia alcanzado. El segundo grupo, lo conformaron el resto de los tratamientos que tuvieron germinación de plántulas.

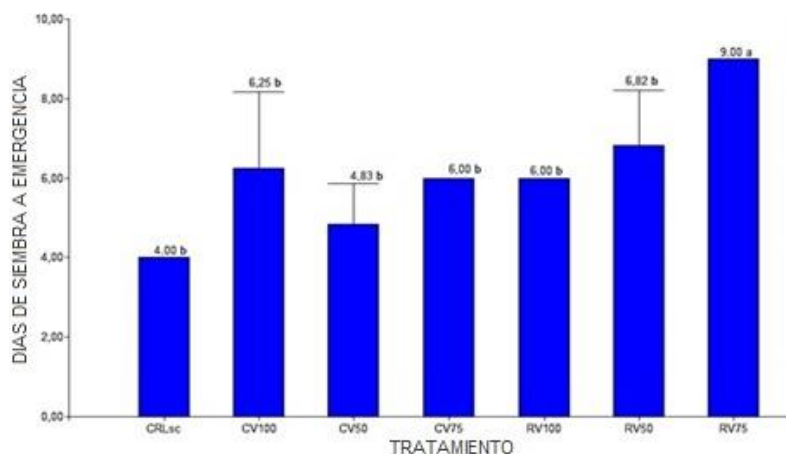


Figura 18. Tiempo transcurrido en días entre la siembra y el máximo % de emergencia alcanzada para lechuga.

CRLsc (100 % sustrato comercial), RV100 (100 % compost de restos vegetales), RV75 (75 % compost de restos vegetales y 25 % perlita), RV50 (100 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), CV100 (100 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales), CV75 (75 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales y 25 % perlita) y CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río). Letras distintas entre barras señalan diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0,05$). Líneas verticales sobre las barras señalan el desvío estándar.

Tomate

En la Figura 19 se observa el porcentaje de emergencia de todos los tratamientos utilizados para la producción de plantines de tomate. El cultivo de tomate resultó más tolerante que el cultivo de lechuga, observándose emergencia en todos los tratamientos evaluados. Al analizar el porcentaje de emergencia, los tratamientos CV75, CV25 y RV50 alcanzaron el 100 % al igual que los controles CRLsc y CRLtn. Por otro lado, los tratamientos CV100, CV50 y RV25 superaron el 80 % y el tratamiento RV75 alcanzó un 75 %. Por último, RV100 solo alcanzó un valor del 50 % de emergencia. Considerando que el porcentaje de emergencia mínimo aceptable para la producción de plantines, se encuentra en 80 % (INIA, 2019). Por lo tanto, solo el tratamiento RV100, conformado por 100 % de compost de residuos vegetales, no llegó a alcanzar el valor de porcentaje mínimo de emergencia. Esto puede deberse a su alta conductividad eléctrica ($5,88 \text{ dS m}^{-1}$), la más alta de todos los tratamientos evaluados. Esto reduce la velocidad de imbibición de la semilla y, por ende, puede causar una disminución en la velocidad de la germinación, debido al efecto osmótico (Bozcuk, 1981).

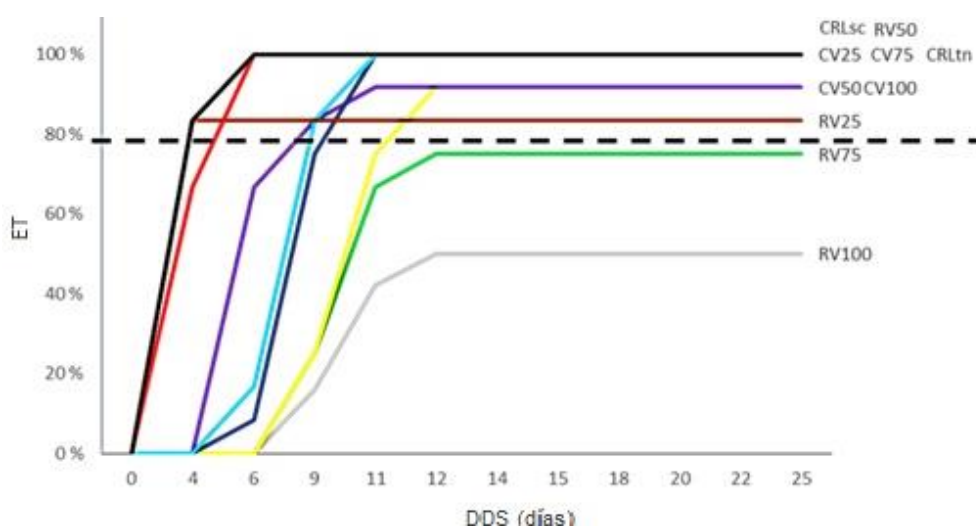


Figura 19. Porcentaje de emergencia en plantines de tomate según días después de la siembra (DDS).

CRLsc (100 % sustrato comercial), CRLtn (100 % tierra negra), RV100 (100 % compost de restos vegetales), RV75 (75 % compost de restos vegetales y 25 % perlita), RV50 (100 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), RV25 (25 % compost de restos vegetales, 15 % de perlita y 60 % de tierra negra), CV100 (100 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales), CV75 (75 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales y 25 % perlita) y CV25 (25 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 15 % perlita y 60 % de tierra negra), DDS (días después de la siembra); ET (porcentaje de *emergencia*). Con línea punteada se señala el % mínimo aceptable de emergencia para plantines.

Al analizar el tiempo transcurrido en días entre la siembra y el máximo porcentaje de emergencia alcanzado para tomate (TEt) se encontraron tres grupos con diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). El primer grupo conformado por los tratamientos CRLsc, CRLtn, CV25, CV50 y RV25, que presentaron el menor TEt. El segundo grupo presentó valores intermedios y se encuentra conformado por los tratamientos RV50, CV75, RV75 y CV100. Ambos resultados fueron similares a los encontrados al estudiar el porcentaje de emergencia alcanzado. El tercer grupo presentó el mayor valor de TEt y lo integra el tratamiento RV100 (Figura 20), coincidiendo con el menor porcentaje de emergencia alcanzado. A medida que se incrementa el porcentaje de compost en la mezcla del sustrato, la germinación tiende a disminuir debido a sus características fisicoquímicas y a una reducción en la aireación causada por una menor porosidad. Esto puede llevar a una limitación en la disponibilidad de oxígeno en las etapas iniciales, lo que podría inhibir la germinación. (Hartmann y Kester, 1984). El tiempo de emergencia es directamente proporcional al porcentaje de compost en el tratamiento. Además, en el caso de RV100, podría deberse a su alta composición con residuos que presentan como característica negativa alto valor de pH (Backes *et al.*, 1988).

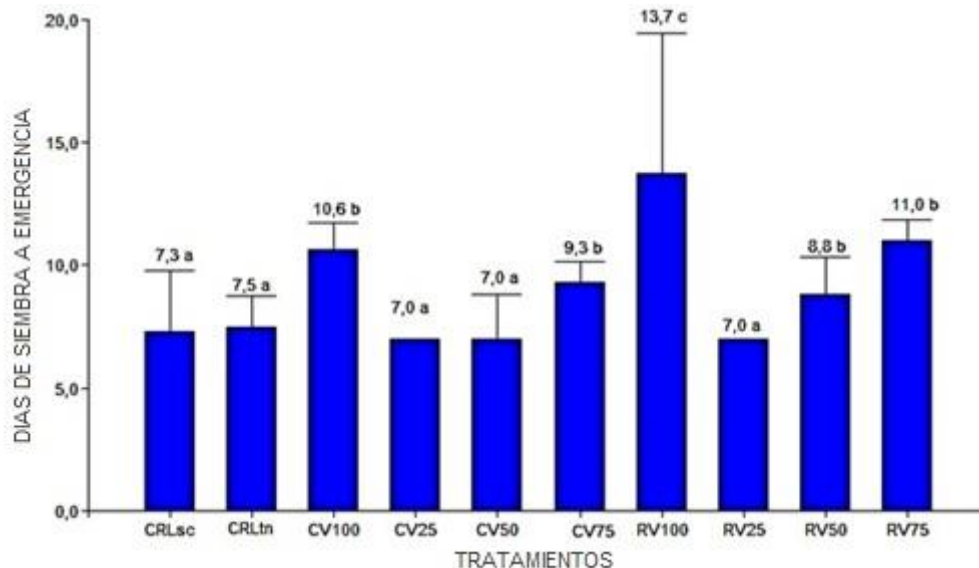


Figura 20. Tiempo transcurrido en días entre la siembra y el máximo % de *emergencia* alcanzado para tomate.

CRLsc (100 % sustrato comercial), CRLtn (100 % tierra negra), RV100 (100 % compost de restos vegetales), RV75 (75 % compost de restos vegetales y 25 % perlita), RV50 (100 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), RV25 (25 % compost de restos vegetales, 15 % de perlita y 60 % de tierra negra), CV100 (100 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales), CV75 (75 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales y 25 % perlita) y CV25 (25 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 15 % perlita y 60 % de tierra negra). Letras distintas entre las barras señalan diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0,05$). Líneas verticales sobre las barras señalan el desvío estándar.

5.3 Evolución

Lechuga

La Figura 21 se muestra el número total de hojas verdaderas totalmente expandidas para el cultivo de lechuga, desde la siembra al momento óptimo de trasplante. Se presentan los resultados correspondientes a los tratamientos que mostraron emergencia en al menos una maceta (CRLsc, RV100, RV75, RV50, CV100, CV75 y CV50). Para determinar el momento óptimo de trasplante se tuvo en cuenta que la mayoría de los plantines alcanzaran 4 hojas verdaderas totalmente expandidas (INIA, 2019), y se tomó ese día como momento de finalización del ensayo. Solo el control CRLsc y los tratamientos RV50 y CV50, conformados por 50 % de compost, 25 % de perlita y 25 % de resaca, alcanzaron el momento óptimo para trasplante del plantín. Los demás tratamientos no alcanzaron el valor óptimo de 4 hojas verdaderas totalmente expandidas y se observó ausencia de crecimiento por el transcurso de 10 días. Los resultados observados en RV75, RV100, CV75 y CV100, podrían deberse al bajo espacio poroso total de los tratamientos con alto porcentaje de compost y a la alta saturación del sustrato con agua que se asocia a una baja disponibilidad de oxígeno para la correcta respiración radicular de los plantines (Barboza y Elola Carlesi, 1997). Diferentes tipos de poros poseen diferentes propiedades (Pape y Lager, 1994), por lo que varían en función de la proporción en la que se mezclen. A su vez, la alta conductividad eléctrica y el pH podrían ser los condicionantes de los tratamientos que poseen más del 50 % de compost en su composición. Si los valores de salinidad del tratamiento son mayores a 5 dSm^{-1} , como en el caso de RV100 y CV100, se produce reducción del crecimiento (Bunt, 1988). En el caso de RV75 y CV75, si bien en ambos la salinidad no supera el valor de 5 dSm^{-1} , el valor de pH se encuentra por encima de 9. Dado que en lechuga su óptimo es de entre 5 y 7 (Mickelbart *et al.*, 2007), esto podría estar generando una menor asimilación de nutrientes que genera un menor crecimiento de las hojas.

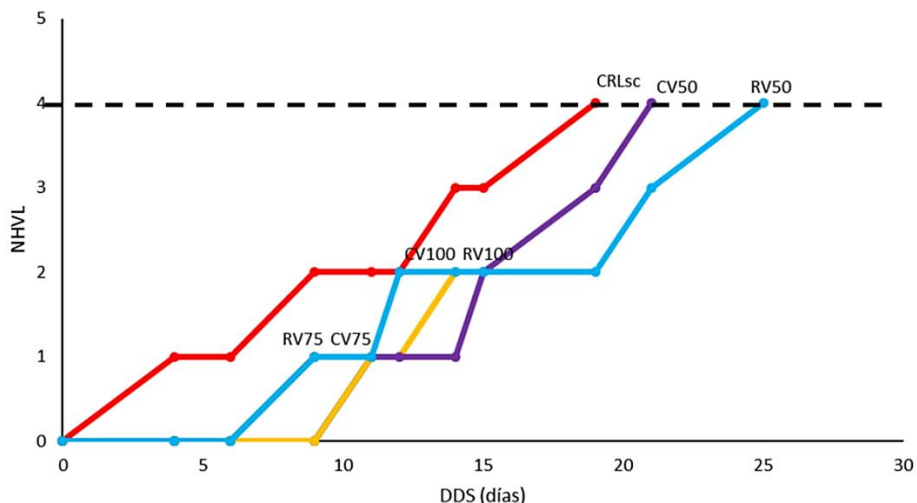


Figura 21. Número de hojas verdaderas totalmente expandidas en plantines de lechuga (NHVL) según días después de la siembra (DDS).

Todos los tratamientos en donde al menos en una maceta emergió una hoja. CRLsc (100 % sustrato comercial), RV100 (100 % compost de restos vegetales), RV75 (75 % compost de restos vegetales y 25 % perlita), RV50 (100 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), CV100 (100 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales), CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río). Con línea punteada se señala el número de hojas verdaderas totalmente expandidas que marca el momento óptimo del plantín para trasplante.

Al analizar el tiempo transcurrido en días desde la siembra hasta el momento óptimo de trasplante de los plantines de lechuga (TTI), solo para el caso de los tratamientos que alcanzaron este estado, se encontraron tres grupos con diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). El tratamiento que presentó la mayor duración fue RV50 y el de menor valor fue CRLsc, presentando el tratamiento CV50 un valor intermedio (Figura 22). Este comportamiento encontrado podría ser tenido en cuenta si los productores desean adelantar o retrasar el tiempo hasta el trasplante.

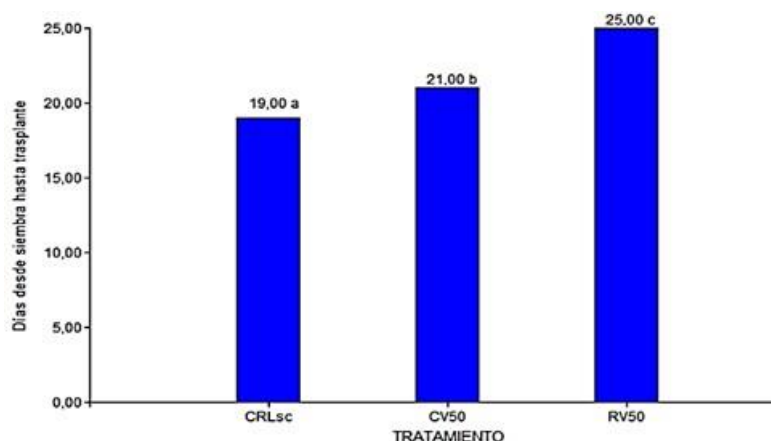


Figura 22. Tiempo transcurrido en días entre la siembra y el momento de trasplante para lechuga para los tratamientos que alcanzaron el momento óptimo de trasplante.

CRLsc (100 % sustrato comercial), RV50 (100 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río). Letras distintas entre barras señalan diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Tomate

En la Figura 23 se muestra la altura promedio de los plantines de tomate desde la siembra al momento del trasplante, solo de aquellos tratamientos donde los plantines presentaron 4 hojas verdaderas totalmente expandidas y alcanzaron los 10 cm de altura. Los tratamientos que cumplieron con ambos requisitos fueron CRLsc, CV25, CV50, CRLtn, RV25 y RV50. Esto incluye a ambos controles y a los tratamientos que tienen el menor porcentaje de compost en su composición o aquellos que incluyen resaca de río y tierra negra en la mezcla. Por otro lado, aquellos que no alcanzaron estos requisitos fueron CV75, CV100, RV75 y RV100; estos tratamientos son los que poseen el mayor porcentaje de compost dentro de su composición. Por lo tanto, estos resultados podrían deberse a sus valores elevados de conductividad eléctrica y de pH. Cuando se usan altos niveles de sustratos orgánicos podrían elevarse los valores de salinidad, debido a que estos retienen alta cantidad de cationes y, al mismo tiempo, descomponen y liberan nutrientes en la solución (Raviv *et al.*, 1986). Si las sales disueltas en el sustrato se elevan, el valor de la tensión osmótica es mayor y la planta puede llegar a padecer un déficit hídrico, semejante al que se produce en condiciones de sequía (Ansorena Miner, 1994). A esto se le suma el elevado valor de pH de estos tratamientos que generan una menor asimilación de los nutrientes (Soria, 2002) y, por lo tanto, un menor crecimiento de la planta. Los tratamientos que presentaron los plantines con mayor altura, también presentaron mayor porcentaje de emergencia; lo cual se puede atribuir particularmente a las características propias del sustrato. Resultados similares obtuvieron Sandó *et al.* (2006), según la proporción del compost en la mezcla.

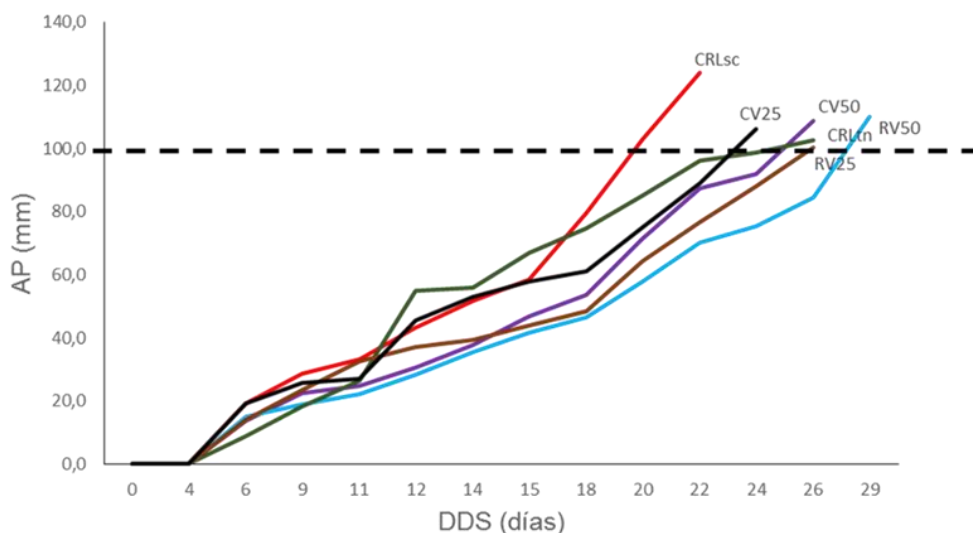


Figura 23. Días después de la siembra (DDS) para alcanzar la altura promedio (AP) (en mm) de plantines de tomate en el momento óptimo para el trasplante.

Solo los sustratos donde con plantines con una altura mínima de 10 cm y 4 hojas verdaderas totalmente expandidas. CRLsc (100 % sustrato comercial), CRLtn (100 % tierra negra), RV50 (100 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), RV25 (25 % compost de restos vegetales, 15 % de perlita y 60 % de tierra negra), CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río) y CV25 (25 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 15 % perlita y 60 % de tierra negra). Con línea punteada se señala la altura del plantín que marca el momento óptimo del plantín para trasplante.

Al analizar el tiempo transcurrido en días desde la siembra hasta el momento óptimo de trasplante de los plantines de tomate (TTt), se encontraron cuatro grupos con diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). El tratamiento que presentó el mayor tiempo desde siembra a trasplante fue el RV50, seguido por los tratamientos CV50, RV25 y CRLtn. Luego, se encontró que el tratamiento CV25 tuvo un tiempo intermedio, mientras que el control CTLsc fue el tratamiento que requirió menos tiempo para el trasplante (Figura 24). Este comportamiento encontrado podría ser tenido en cuenta si los productores desean adelantar o retrasar el tiempo hasta el trasplante. Este resultado se relaciona con las características químicas del sustrato, ya que los tratamientos que poseen mayor porcentaje de compost son los que mayor valor de pH poseen. Este incremento en el valor del pH podría estar afectando la asimilabilidad de nutrientes para el crecimiento del plantín se reduce y así tardarán más tiempo en llegar al momento óptimo de trasplante (Soria, 2002).

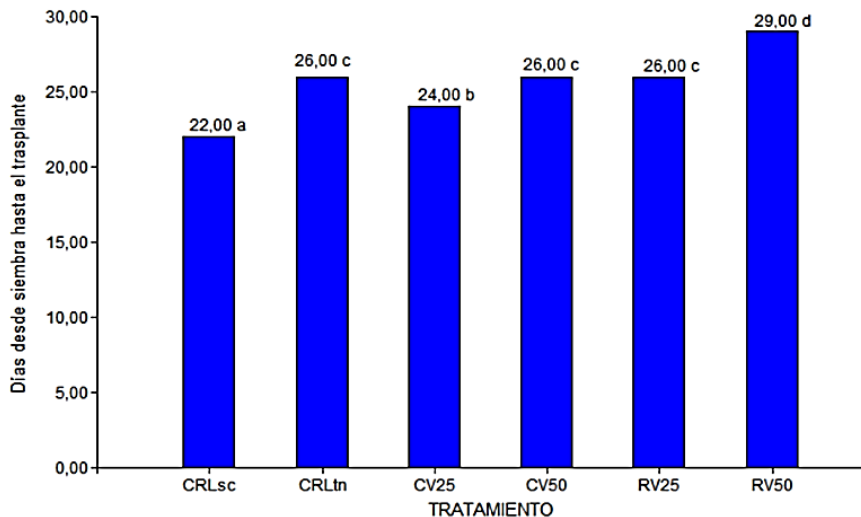


Figura 24. Tiempo transcurrido en días entre la siembra y el momento óptimo de trasplante para tomate.

CRLsc (100 % sustrato comercial), CRLtn (100 % tierra negra), RV50 (100 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), RV25 (25 % compost de restos vegetales, 15 % de perlita y 60 % de tierra negra), CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río) y CV25 (25 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 15 % perlita y 60 % de tierra negra), DDS (días después de la siembra); AP (altura promedio de plantines de tomate). Solo los sustratos donde con plantines con una altura mínima de 10 cm y 4 hojas verdaderas totalmente expandidas. Letras distintas entre barras señalan diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0,05$).

5.4 Calidad final del plantín

En esta sección se presentan los resultados de largo de hoja promedio y largo de raíz promedio, peso fresco y seco de la biomasa aérea, el peso fresco y seco de la biomasa de raíces, para los plantines de lechuga y tomate.

Lechuga

En la Figura 25 se muestran los resultados de largo de hoja promedio (LHP) de plantines de lechuga que alcanzaron el momento de trasplante. Al analizar el LHP se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). El tratamiento CRLsc presentó el mayor valor, de 57,18 mm respecto a RV50 (32,69 mm) y CV50 (36,75 mm). Esto puede deberse al porcentaje de compost en la mezcla, que eleva el pH y la conductividad eléctrica. Coincide con lo analizado por Maas y Hoffman (1977), debido a limitaciones que afectan directamente la asimilación de nutrientes clave para el crecimiento aéreo. También coincide con Pérez Lathrop (2011), quien no registró diferencias en el largo de las hojas con el uso de lombricompost, un material altamente orgánico, al igual que el compost, en la producción de plántulas

de lechuga. Según Ballester (1992), valores de pH superiores a 6 producen problemas en la disponibilidad de fósforo siendo éste un elemento muy importante en el crecimiento vegetativo y la expansión foliar.

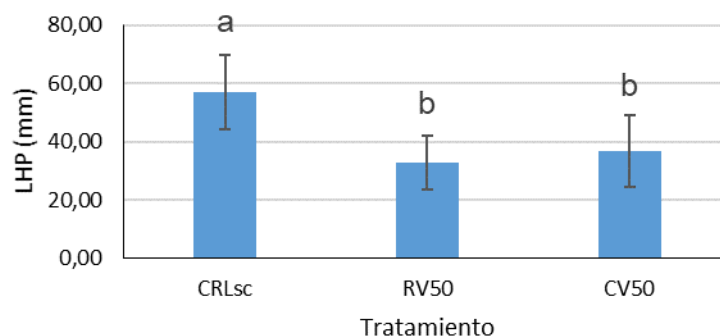


Figura 25. Valores promedio (en mm) del largo de hoja promedio en plantines de lechuga para aquellos tratamientos que alcanzaron momento óptimo de trasplante. CRLsc (100 % sustrato comercial), RV50 (100 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río) y CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río). Las letras diferentes señalan diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). Las líneas por encima de las barras indican el desvío estándar.

En la Figura 26 se muestran los resultados de largo de raíz promedio en plantines de lechuga, para aquellos tratamientos que alcanzaron el momento de trasplante. Al analizar el largo promedio de raíces no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). El crecimiento de las raíces de plantines de lechuga, utilizando un sustrato comercial, resultó similar a un sustrato que incluye dentro de su formulación, algún compost. Entonces, no es necesario utilizar un sustrato comercial si la respuesta es similar a la utilización de un sustrato que incluye algún componente compostado, por más que posean elevada conductividad eléctrica y elevado pH.

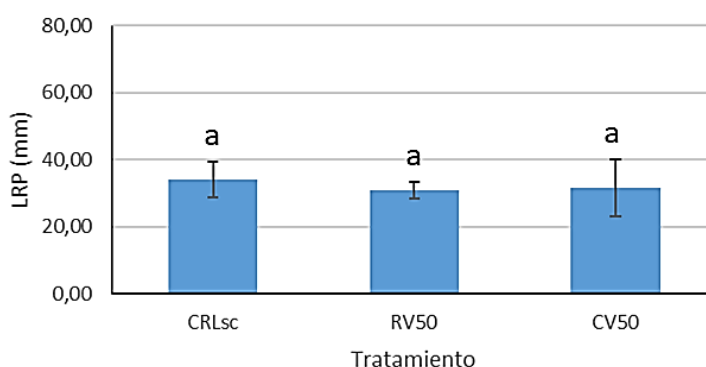


Figura 26. Valores promedio (en mm) del largo de raíz promedio (LRP) en el cultivo de lechuga para aquellos tratamientos que alcanzaron momento óptimo de trasplante. CRLsc (100 % sustrato comercial), RV50 (50 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río) y CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río). Las letras diferentes señalan diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). Las líneas por encima de las barras indican el desvío estándar.

En la Figura 27 se observa el peso de la biomasa aérea los plantines de lechuga que alcanzaron el momento óptimo para el trasplante.

Al analizar el peso fresco de la biomasa aérea (Figura 27A) se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). El control (CRLsc) presentó el mayor peso fresco de la biomasa aérea respecto a RV50 y CV50. Los valores fueron de 0,70 g para CV50 y 0,90 g para RV50, siendo éste el más cercano al control (CRLsc) con 1,19 g. La diferencia encontrada entre los tratamientos que incluyen compost como componente y el control (CRLsc), podrían deberse a las limitantes químicas que presentan estos tratamientos. A medida que la concentración de sales aumenta, la velocidad del crecimiento y el tamaño de la mayoría de las plantas decrecen progresivamente. Asimismo, no todas las partes de la planta son afectadas igualmente, siendo el crecimiento de la biomasa aérea más afectado que la biomasa de raíces (Maas y Hoffman, 1977).

Por otro lado, al analizar el peso seco de la biomasa aérea (Figura 27B) no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$).

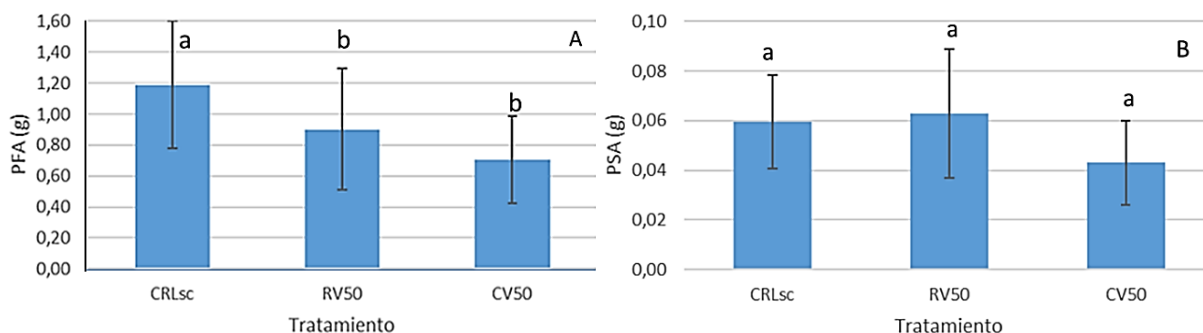


Figura 27. A) Valores promedios (en g) del peso fresco de la biomasa aérea (PFA) y B) valores promedios (en g) del peso seco de la biomasa aérea (PSA) de los plantines de lechuga *para aquellos tratamientos que alcanzaron momento óptimo de trasplante.*

CRLsc (100 % sustrato comercial), RV50 (50 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río) y CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río). Las letras diferentes señalan diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). Las líneas por encima de las barras indican el desvío estándar.

En la Figura 28 se observa el peso de la biomasa de raíces los plantines de lechuga que alcanzaron el momento óptimo para el trasplante. Al analizar, tanto el peso fresco como el peso seco de la biomasa de raíces, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) al evaluar los diferentes sustratos. Esto coincide con Pérez Lathrop (2011) que determinó que el peso seco radicular en plantines de lechuga no muestra diferencias significativas con el uso de diferentes tipos de compost. El crecimiento de las raíces de plantines de lechuga, utilizando un sustrato

comercial, resultó similar a un sustrato que incluye dentro de su formulación, algún compost. Entonces, no es necesario utilizar un sustrato comercial si la respuesta es similar a la utilización de un sustrato que incluye algún componente compostado, por más que posean elevada conductividad eléctrica y elevado pH (Maas y Hoffman, 1977). Por su parte, Castillo Taco (2010) señala que es de suma importancia conocer las propiedades físicas y químicas del compost antes de su utilización, para descartar aspectos perjudiciales para el cultivo y dosificar una cantidad que no dañe los procesos fisiológicos de la planta.

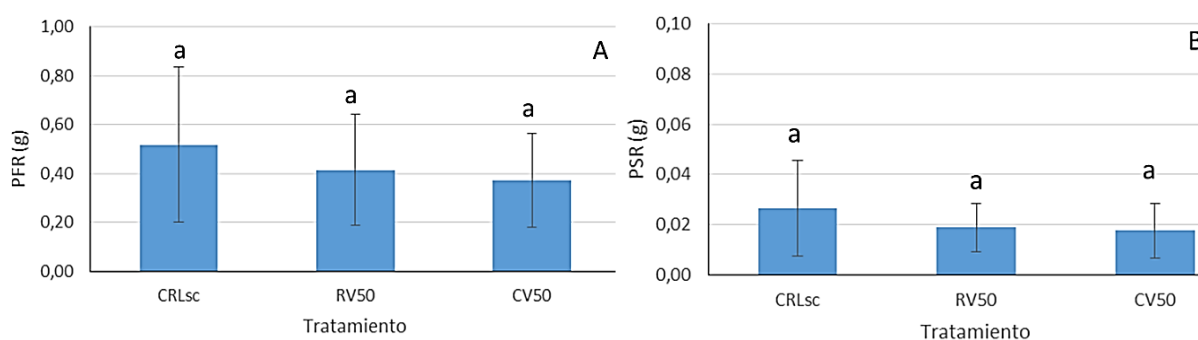


Figura 28. A) Valores promedio (en g) del peso fresco de la biomasa de raíces (PFR) y B) valores promedio (en g) del peso seco de la biomasa de raíces (PSR) en el cultivo de lechuga para aquellos tratamientos que alcanzaron momento óptimo de trasplante.

CRLsc (100 % sustrato comercial), RV50 (50 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río) y CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río). Las letras diferentes señalan diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). Las líneas por encima de las barras indican el desvío estándar.

Tomate

En cuanto al largo de hoja promedio (Figura 29), se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). El RV50 presentó el valor más bajo con 41,25 mm. Los demás tratamientos superaron los 47 mm de largo de hoja promedio siendo RV25 (73,27 mm) el valor más alto obtenido. Estos resultados no coinciden con Giulietti *et al.* (2008), quienes al trabajar con lombricompost de cabra, material orgánico similar al compost, presentaron valores más elevados de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, lo que permitió alcanzar incrementos en el crecimiento de hojas. En este ensayo, los tratamientos que resultaron más beneficiosos en el crecimiento foliar, incluso superando al tratamiento CRLsc, presentaron valores de pH más bajos y esto puede ser porque a valores de pH altos se producen problemas en la disponibilidad de fósforo siendo éste un elemento muy importante en el crecimiento vegetativo y la expansión foliar (Ballester, 1992).

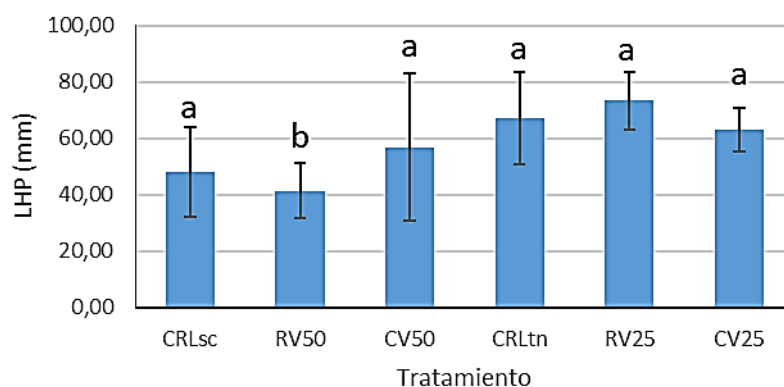


Figura 29. Valores promedio (en mm) del largo de hoja promedio (LHP) en plantines de tomate para aquellos tratamientos que alcanzaron momento óptimo de trasplante. CRLsc (100 % sustrato comercial), CRLtn (100 % tierra negra), RV50 (50 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), RV25 (25 % compost de restos vegetales, 15 % de perlita y 60 % de tierra negra) y CV25 (25 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 15 % perlita y 60 % de tierra negra). Las letras indican las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Las líneas por encima de las barras indican el desvío estándar.

Al analizar el largo de raíz promedio (Figura 30) de plantines de tomate no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). Es importante resaltar que el empleo de un control comercial o el uso de tierra negra en la formulación de un sustrato para plantines de tomate promueve el crecimiento radicular de la misma manera que lo hace un sustrato que incluye compost en la formulación. Esto podría deberse a que, a pesar de los mayores valores de conductividad eléctrica y de pH en RV50 y CV50, el uso de materiales compostados aporta nutrientes que promueven el crecimiento radicular, compensando el efecto negativo de salinidad y alcalinidad (Giulietti *et al.*, 2008).

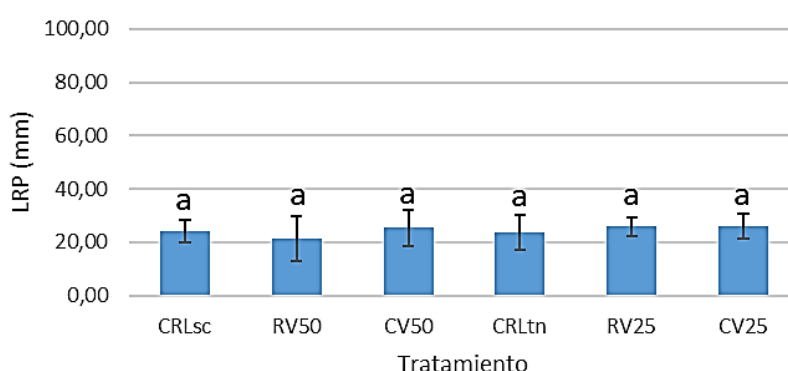


Figura 30. Valores promedio (en mm) del largo de raíz promedio (LRP) en plantines de tomate para aquellos tratamientos que alcanzaron momento óptimo de trasplante. CRLsc (100 % sustrato comercial), CRLtn (100 % tierra negra), RV50 (50 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), RV25 (25 % compost de restos vegetales, 15 % de perlita y 60 % de tierra negra) y CV25 (25 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 15 % perlita y 60 % de tierra negra). Las letras indican las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Las líneas por encima de las barras indican el desvío estándar.

En la Figura 31 se observa el peso de la biomasa aérea los plantines de tomate que alcanzaron el momento óptimo para el trasplante. Al analizar el peso fresco de la biomasa aérea (Figura 31 A) y el peso seco de la biomasa aérea (Figura 31 B) se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos. El tratamiento CRLtn y los tratamientos, RV25 y CV25 (con tierra negra y el menor contenido de compost) presentaron los mayores valores respecto a los tratamientos CRLsc, RV50 y CV50. Estos resultados coinciden con los encontrados con (Quesada Roldán y Méndez Soto, 2005) para el cultivo de tomate donde los tratamientos con mayor porcentaje de suelo presentaron mayor peso seco respecto a los demás tratamientos. Esto pudo haber ocurrido debido a un mayor desarrollo en la parte aérea, ya que esos sustratos presentan menos deficiencias fisicoquímicas en comparación con los otros analizados. Esto permite una mayor asimilación de nutrientes por parte de la planta, incluyendo el nitrógeno y fósforo proporcionado por la tierra negra, que son elementos esenciales para el crecimiento y expansión de las hojas (Ballester, 1992).

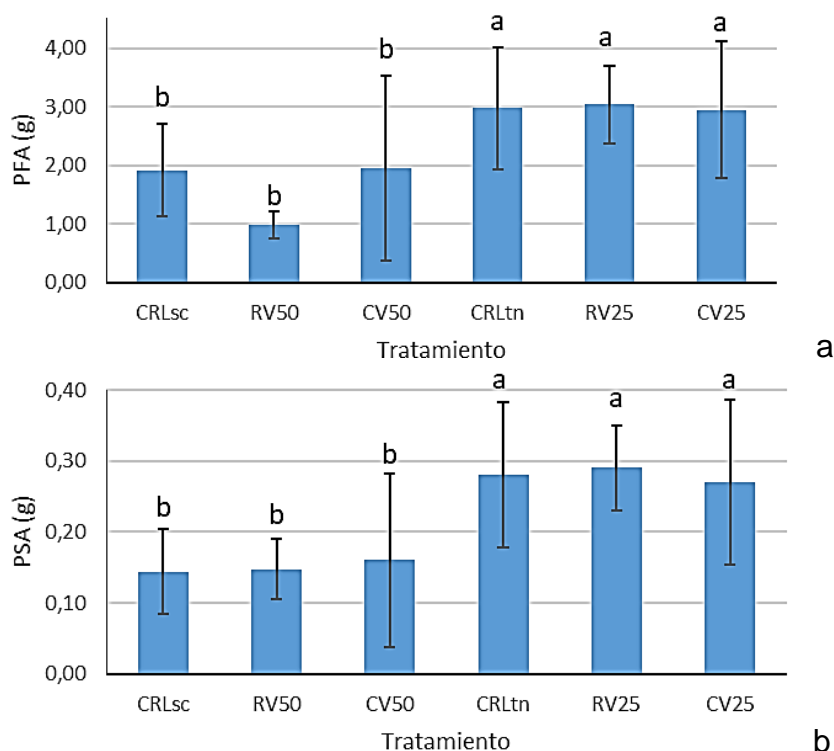


Figura 31. a) Valores promedio (en g) del peso fresco de la biomasa aérea (PFA) y b) valores promedio (en g) del peso seco de la biomasa aérea (PSA) en plantines de tomate para aquellos tratamientos que alcanzaron momento óptimo de trasplante.

CRLsc (100 % sustrato comercial), CRLtn (100 % tierra negra), RV50 (50 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), RV25 (25 % compost de restos vegetales, 15 % de perlita y 60 % de tierra negra) y CV25 (25 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 15 % perlita y 60 % de tierra negra). Las letras diferentes señalan diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). Las líneas por encima de las barras indican el desvío estándar.

En la Figura 32 se observa el peso de la biomasa de raíces de los plantines de tomate que alcanzaron el momento óptimo para el trasplante. Al analizar el peso fresco de la biomasa de raíces (Figura 32 A) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). Esto difiere con Quesada Roldán y Méndez Soto (2005) que dice que los sustratos más pesados ofrecieron mayor resistencia a la extracción de raíces. En el caso de tomate es importante resaltar que el empleo de un control comercial o el uso de tierra negra en la formulación de un sustrato para plantines de tomate promueve el crecimiento de la biomasa de raíces de la misma manera que lo hace un sustrato que incluye compost en la formulación. Por otro lado, al analizar los resultados de peso seco de la biomasa de raíces en plantines de tomate (Figura 32 B) se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). Los tratamientos CRLsc, CRLtn, RV25 y CV25 presentaron los mayores valores respecto a RV50 y CV50. Los valores encontrados en RV50 y CV50 respecto a CV25 y RV25 podría deberse a limitaciones químicas (Paul y Metzger, 2005).

Los resultados de peso fresco y de peso seco de la biomasa de raíces, coinciden con los hallados en plantines de tomate producidos mediante la fertilización orgánica (Atiyeh *et al.*, 2000 y 2001) donde los tratamientos con menor porcentaje de compost en sus proporciones resultaron los valores más elevados.

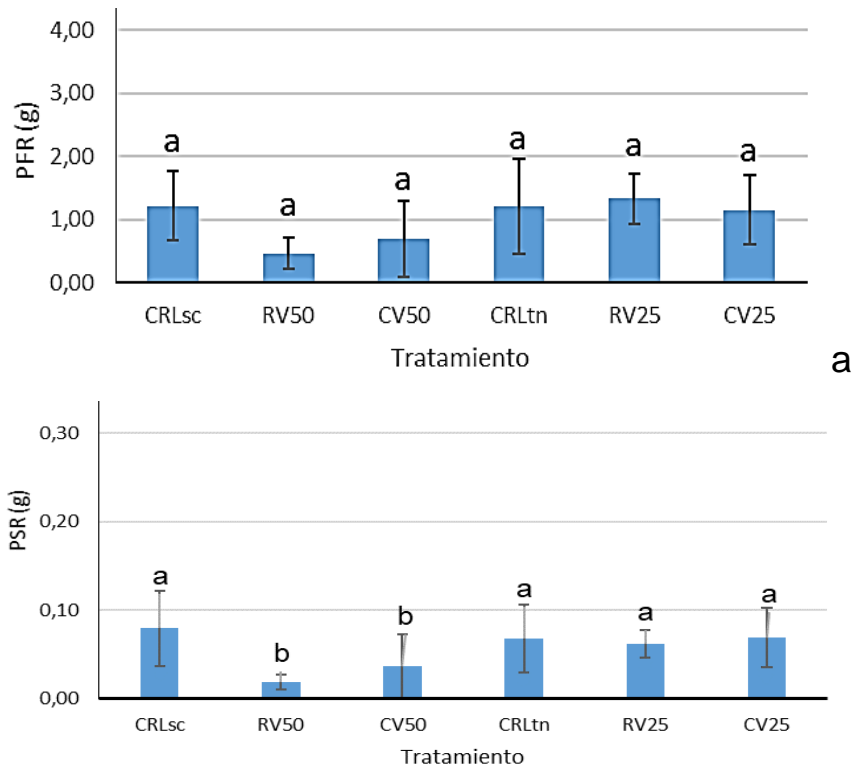


Figura 32. a) Valores promedio (en g) del peso fresco de la biomasa de raíces (PFR) y b) valores promedio del peso seco de la biomasa de raíces (PSR) en plantines de tomate para aquellos tratamientos que alcanzaron momento óptimo de trasplante.

CRLsc (100 % sustrato comercial), CRLtn (100 % tierra negra), RV50 (100 % compost de restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río) y CV50 (50 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 25 % perlita y 25 % resaca de río), RV25 (25 % compost de restos vegetales, 15 % de perlita y 60 % de tierra negra) y CV25 (25 % compost de barrido de corral caprino y restos vegetales, 15 % perlita y 60 % de tierra negra). Las letras diferentes señalan diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). Las líneas por encima de las barras indican el desvío estándar.

6. CONCLUSIONES

Se acepta la hipótesis general. El sustrato generado a partir de la combinación de diferentes materiales y utilizado como medio para la producción de plantines, afecta de manera diferencial la etapa de germinación y hasta momento óptimo para trasplante de plantines de *Lactuca sativa* L. (lechuga) y *Solanum lycopersicum* L. (tomate) en macetas bajo invernáculo.

Por otro lado, se acepta la primera hipótesis específica. Los valores de conductividad eléctrica y pH dependen del sustrato utilizado y de los porcentajes que cada componente tiene dentro de la mezcla. En general, en la medida que se incrementa el porcentaje de compost dentro de la mezcla sube el valor de la conductividad eléctrica y del pH.

Se acepta la segunda hipótesis específica. El porcentaje de emergencia de *Lactuca sativa* L y *Solanum lycopersicum* L. en macetas depende del sustrato utilizado. A medida que varía el porcentaje de los diversos componentes que conforman al sustrato, se afecta de manera diferencial en la germinación de las semillas. El porcentaje de emergencia alcanzado en cada sustrato dependería de la sensibilidad de cada especie al valor de pH y conductividad eléctrica del sustrato. En el caso de lechuga, solo control comercial y sustratos que no tienen tierra negra ni elevado porcentaje de compost en su composición alcanzan valores aceptables (más de 80 %) de emergencia. Las diferencias entre los sustratos se observan en el valor máximo porcentaje de emergencia y no, en el tiempo en días que tarda cada sustrato en alcanzar el máximo porcentaje de emergencia. En tomate, todos los sustratos menos el que contiene como componente 100 % de compost de barrido de corral más residuos vegetales, alcanzaron valores aceptables de emergencia. Esto muestra la menor susceptibilidad de las semillas de tomate a valores elevado de conductividad eléctrica y de pH. Las diferencias en el máximo porcentaje de emergencia alcanzado por cada tratamiento y el tiempo en días que tarda cada sustrato en alcanzar el máximo porcentaje de emergencia son similares.

Asimismo, se acepta la tercera hipótesis específica. Desde el momento de la siembra hasta el momento de trasplante, el número de hojas totalmente expandidas de *Lactuca sativa* L y la altura final de plantín y el número de hojas totalmente expandidas de *Solanum lycopersicum* L. varía según el sustrato utilizado. Los plantines de lechuga que se desarrollan en el control comercial o sustratos

conformados por 50 % de compost, 25 % de perlita y 25 % de resaca, alcanzan 4 hojas verdaderas totalmente expandidas. Por otro lado, los plantines de tomate desarrollados en ambos controles o en sustratos compuestos por 50 % de compost o que incluyen tierra negra alcanzan 4 hojas verdaderas totalmente expandidas y 10 cm de altura. Al analizar el tiempo transcurrido en días desde la siembra hasta el momento óptimo de trasplante en ambos cultivos, a medida que decrece el contenido de compost disminuye este tiempo hasta acercarse al control comercial.

Se acepta la cuarta hipótesis específica. El peso seco y peso fresco de la biomasa aérea y de raíces, el número de hojas, largo de hojas promedio, largo de raíces promedio y la calidad de plantines de *Lactuca sativa* L. producidos en maceta depende del sustrato. El largo de hoja promedio de los plantines desarrollado en el control comercial supera a los sustratos con 50 % de compost, sin afectar el largo de raíces. Asimismo, aquellos plantines desarrollados en control comercial, presentan el mayor peso fresco de la biomasa aérea. Por otro lado, el peso seco de la biomasa aérea, el peso fresco y seco de la biomasa de raíces de los plantines no depende del sustrato.

Por último, se acepta la quinta hipótesis específica. El peso seco y peso fresco de la biomasa aérea y de raíces, el número de hojas, largo de hojas promedio, largo de raíces promedio y la calidad de plantines de *Solanum lycopersicum* L. dependen del sustrato. El largo de hojas promedio de plantines desarrollados en sustratos que incluye 50 % de compost de barrido de corral y residuos vegetales resulta inferior, sin verse afectado el largo promedio de raíces. Al analizar el peso fresco y seco de la biomasa aérea de plantines desarrollados en el control con tierra negra, en sustratos con tierra negra y menor contenido de compost tienen los mayores valores. El peso fresco de la biomasa de raíces no depende del sustrato, pero si el peso seco. Los plantines desarrollados en los controles o sustratos que incluyen tierra negra y bajo porcentaje de compost presentan los mayores valores.

Es importante conocer las características de los sustratos, principalmente la salinidad, los valores de pH y la porosidad para obtener plantines sanos y fuertes. Al asegurar la comercialización de plantines hortícola de calidad, las personas que realicen su huerta en casa, tendrán un buen crecimiento y desarrollo desde la germinación hasta el momento de trasplante y en consecuencia la obtención de nuestras verduras.

7. BIBLIOGRAFÍA

Abad, M.; Noguera, P. y Noguera, V. (1996). Turbas para semilleros. In: II jornadas sobre semillas y semilleros hortícolas. Congreso. Andalucía, ES. Consejería de Agricultura y Pesca. p. 79-101.

Acosta Durán, C.M., Gallardo C.S.; Kämpf, A.N. y Carvallo Bezerra, F. (2008). Materiales regionales utilizados en Latinoamérica para la preparación de sustratos. *Inv. Agrop.* 5: 93-106.

Andriolo, J.L.; Grigoletto Espindola, M.C. y Stefanello, M.O. (2003). Crescimento e desenvolvimento de plantas de alface provenientes de mudas com diferentes idades fisiológicas. *Ciência Rural* V. 33 (1): 35 – 40.

Ansorena Miner, J. (1994). Sustratos. Propiedades y caracterización. Madrid. Mundi Prensa. 171p.

Atiyeh, R.M.; Arancon, N.; Edwards, C.A. y Metzger, J.D. (2000). Influence of earthwormprocessed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology*, 75 (3): 175-180.

Atiyeh, R.M.; Edwards, C.A.; Subler, S. y Metzger, J.D. (2001). Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78 (1):11-20.

Backes, M.A.; Kämpf, A.N. y Bordás, J. M. (1988). Substratos para produção de plantas em viveiros. Congreso Florestal Estadual, Nova Prata. Anais. Nova Prata: Secretaria da Agricultura do RS. 1: 665 – 676.

Bairó, H. (2023). Producción de alimentos agroecológicos. Módulo 2. Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/pyp_modulo_02_-_produccion.pdf. Septiembre 2023.

Ballester, J.F. (1992). Hojas divulgadoras (11): Substratos para el cultivo de plantas ornamentales. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Moncada. Valencia. 44 p.

Barboza, F.R. y Elola Carlesi, S. (1997). Evaluación agronómica de sustratos orgánicos en la producción de plantines de tomate. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 97 p.

Bernal, M.P.; Albuquerque, J. A. y Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. *Bioresource Technology* 100: 5444- 5453.

Bilal, H.M.; Zulfiqar, R.; Adnan, M.; Umer, M.S.; Islam, H.; Zaheer, H.; Abbas, W.M.; Haider, F. y Ahmad, I. (2020). Impact of salinity on citrus production. A review. *International Journal of Applied Research*. 6: 173-176.

Bozcuk, S. (1981). Efecto de kinetin y salinidad en la germinación de tomate, cebada y semillas de algodón. *Ann. Bot.* 48:81-84.

Bunt, A.C. (1988). A manual on the preparation and use of growing media for pot plants. En el libro: *Media and mixes for container-grown plants*. Unwin Hyman. London, Great Britain.

Burés, S. (1997). *Sustratos*. Agrotécnicas S. L. Madrid, España. 340 p.

Cadahía López, C. (2005). *Fertiirrigación, Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. 3 ed. Editorial Multiprensa. Madrid, España.

Carranza, C.; Lancho, O.; Miranda, D. y Chaves, B. (2009). Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) 'Batavia' cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana* 27(1):41-48.

Castillo Taco, J.C. (2010). Análisis de lombricompostos a partir de diferentes sustratos. Tesis de Especialización en Cultivos Perennes Industriales. Escuela de Postgrados, Facultad de Agronomía, Universidad Popular del Cesar, Universidad Nacional de Colombia, Valledupar, Colombia.

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). (2018). Plantines. Guía técnica número 10. 4 p. Recuperado de: https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/0603028/pdf/production/vegetable_10.pdf. Agosto 2023.

Cieza, R. (2012). Financiamiento y comercialización de la agricultura familiar en el Gran La Plata. Estudio en el marco de un proyecto de Desarrollo Territorial. *Mundo Agrario*, 12 (24), primer semestre.

Costa, F., García, C., Hernández, T. y Polo, A. (1991). *Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSC)-CEBAS, Murcia, España. 181 p.

Di Benedetto, A., Boschi, C., Klasman, R. y Molinari, J. (2003). El crecimiento de cuatro plantas ornamentales anuales en diferentes sustratos. *Revista Brasileira Horticultura Ornamental* 9 (2): 171-177.

Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M. y Robledo C.W. (2020). InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de: <http://www.infostat.com.ar>. Mayo 2023.

Domeño, I.; Irigoyen, I. y Muro, J. (2009). Evolution of organic matter and drainages in Wood fibre and coconut fibre substrates. *Sci. Hortic.* 122:269-274.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2002). Suelos y sustratos. Recuperado de: <https://bioespacio.co/sustrato-medios-tecnicas-produccion>. Abril 2023.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2014). Una huerta para todos. 5ta Edición. Santiago de Chile. 295 pp. <https://www.fao.org/3/i3846s/i3846s.pdf>

Gallardo, C.S.; Valenzuela, O.R. y Routhier, M.C. (2006). Cultivo de mirtáceas nativas de Entre Ríos em sustratos regionales: resultados preliminares. *Acta III Congreso Argentino de Floricultura*. p 244-247.

García, M. (2016). Surgimiento, dinámica y rol de las plantineras en el aglomerado hortícola de La Plata. *Estudios Socioterritoriales* N° 20, Tandil.

Giulietti A.L.; Ruiz, O.M.; Pedranzani, H.E. y Terenti, O. (2008). Efecto de cuatro lombricompostos en el crecimiento de plantas de *Digitaria eriantha*. *International Journal of Experimental Botany*. 77: 137-149.

Guevara, E. (1999). Germinación. Curso de principios y aplicaciones de la fisiología vegetal. Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica. Material mimeografiado. 13 p.

Handreck, K.A. y Black, N. (2002). *Growing media for ornamental plants and turf*. 3 ed. UNSW Press. Australia. 542 p.

Hanna, Y. (2003). *Greenhouse Tomato Production Manual*. Actualizado en 2005. LSU Ag Center Research & Extension. Red River Research Station. Bossier City, LA.

Hartmann, H.T. y Kester, D.E. (1984). Propagación de plantas: principios y prácticas. In: *Fisiología de la semilla*. México. CECSA. 814 p.

Hidalgo Loggiodice, P.R. (2009). Vermicompost as a substrate amendment for poinsettia and chrysanthemum production. Tesis Doctoral. Mississippi State University, EEUU. 162 p. Recuperado de

<https://www.argentina.gob.ar/noticias/tomate-un-fruto-que-supera-las-expectativas-y-promete-un-sostenido-crecimiento>. Julio 2023.

Inbar, Y., Chen, Y. y Hadar, Y. (1990). Solid state carbon-13 nuclear magnetic resonance and infrared spectroscopy of composted organic matter. *Soil Science Society of America Journal* 53: 1695-1701.

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). (2019). Producción de plantines de hortalizas. Instituto de investigaciones agropecuarias. Informativo 110. Recuperado de:

<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/5017/Informativo%20INIA%20N%C2%B0%20110?sequence=1&isAllowed=y>. Abril 2023.

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (2021). Elementos que inciden en un programa de fertirrigación. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/439035435/Elementos-que-inciden-en-un-programa-de-fertirrigacion>. Mayo 2023.

Jaramillo Noreña, J.E.; Sánchez, L.; Germán David; Rodríguez, V.P.; Aguilar Aguilar, P.A.; Gil Vallejo; Luis F.; Hío, J.C.; Pinzón Perdomo, L.M.; García Muñoz, M. C.; Quevedo Garzón, D.; Zapata Cuartas, M.Á.; Restrepo; J.F. y Guzmán Arroyave, M. (2012). Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Bogotá. CORPOICA. 482 p.

Jaramillo, J.; Aguilar, P. y Tamayo, P. (2016) Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el oriente antioqueño. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/352080037/MANUAL-DEL-CULTIVO-DE-LALECHUGA-pdf>.

Lattuca, A. (2012). La agricultura urbana como política pública: el caso de la ciudad de Rosario, Argentina. *Agroecología* 6: 97-104.

Maas, E.V. y Hoffman, G.J. (1977). Crop salt tolerance: Current assessment. *J Irrig Drain E-ASCE*. 103: 115-134.

Marhuenda, J. y García, J. (2017). Lechuga en Maroto, J y Baixauli, C (Eds.). *Cultivos Hortícolas al aire libre*. pp: 239-270. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/359988473/Cultivos-Hortícolas-Al-Aire-Libre-2>. Marzo 2023.

Martínez, L. (2021). Compendio de métodos analíticos para la caracterización de residuos, compost y efluentes de origen agropecuario y agroindustrial. Recuperado de: <https://asacomp.com.ar/wp-content/uploads/2021/11/Compendio-de-metodos->

analiticos-para-la-caracterizacion-de-residuos-organicos-efluentes-y-compost.pdf.

Marzo 2023.

Martínez, O.; Luis, D.; Sánchez, O.; Josset Díaz-Ruiz, R. y Ocampo, M. (2010). efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* MILL) Ra Ximhai. 6(3): 365-372.

Martínez, P.F. y Roca, D. (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. En: Flórez, V. J. (Ed.). Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia. pp. 37-77.

Mautone, V.C.; Mangione, S.M.; Gilardino, M.S. Y Benvídez, C. (2014). Feria soberana: un espacio de intercambio entre productores/as, emprendedores/as y consumidores/as, hacia una economía social y sustentable. Lomas De Zamora, Buenos Aires. Recuperado el 18/09/23 de: http://observatorioess.org.ar/wp-content/uploads/2020/10/Eje-3-completo_17.pdf. Septiembre 2023.

Michelot, P. (1999). Relations substrat - irrigation. In: P. Michelot y C. Chambolle (Eds.). Irrigation en pépinière hors sol. pp. 19-27.

Mickelbart M.V., Stanton K.M., Camberato J.J. y Agronomy, P. (2007). Commercial Greenhouse and Nursery Production Soil pH. Purdue Univ.

Ne Smith, D. y Duval, J. (1998). The Effect of Container Size. HortTechnology 8: 495-498.

Pape, T.H. y Lager, D. (1994). Manual for soil description and classification. Department of Soil Science and Geology. Wageningen Agricultural University. Wageningen, The Netherlands.

Parsons, D. (1987). Manuales para educación agropecuaria; cucurbitácea. México, Trillas. 55 p.

Paul, L.C. y Metzger, J.D. (2005). Impact of vermicompost on vegetable transplant quality. HortScience 40(7):2020-2023.

Pérez Lathrop, A. (2011). Humus de lombriz como materia prima en la elaboración de sustratos para la producción de plantines de hortalizas. Recuperado de: <http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/112321>. Mayo 2023.

Queensland Government (Gobierno de Queensland). (2009). Irrigation Water Quality- Salinity and Soil Structure Stability. W55. Department of Environment and Resource Management.

Quesada Roldán, G. y Méndez Soto, C. (2005). Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas *Agronomía Mesoamericana*. 16 (2): 171-183.

Ramoa, M.V. (2019). Producción de plantines. *Voces y Ecos* 30: 53-56. AER INTA Reconquista. Recuperado de:

<https://es.scribd.com/document/345320702/Produccion-de-Plantines>. Mayo 2023.

Raviv, M. y Leith, J.H. (2008). *Soilless culture: theory and practice*. Elsevier. 587 p.

Raviv, M.; Chen, Y. y Inbar, Y. (1986). Peat and peat substitutes as growth media for container-grown plants. In AVNIMELECH, Y., CHEN, Y. *The role of organic matter in modern agriculture*. Dordrecht, The Netherlands. Martinus Nijhof Publishers. pp. 257 - 287.

Restrepo, A.P.; Medina, E.; Pérez-Espinosa, A.; Agulló, E.; Bustamante, M.A.; y Mininni, C. (2013). Substitution of peat in horticultural seedlings: suitability of digestate-derived compost from cattle manure and maize silage codigestion. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 44:668-677.

Richards, J.E. (1993). Chemical characterization of plant tissue. In Carter Martin R. (Ed.), *Soil sampling and methods of analysis*. *Can Soc Soil Sci* (pp. 115–119).

Rodríguez, R.; Tabares Rodríguez, J.M. y Medina San Juan, J.A. (1997). Segunda edición. Madrid, Mundi-Prensa.

Romero Rivera, J. (s.f.). *Manual huertos sostenibles en casa*. Diputación de Alicante. Recuperado de:<https://web.ua.es/es/ecocampus/documentos/consejos-ambientales/huertos-sostenibles.pdf>. Agosto 2023.

Rubio, A. (2002). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Editorial Mc Graw, España, Barcelona. 123-130 p.

Saavedra Del, G.R.; Corradini, F.S; Antúnez, A.B.; Felmer, S.E.; Estay, P.P. y Sepúlveda P.R. (2017). Boletín INIA N° 374 Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago de Chile. ISSN 0717 – 4829. Recuperado de: https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/29500/INIA_Libro_005_1.pdf?sequence=1. Julio 2023.

Saavedra, G. (2017) *Manual de producción de lechuga*, INIA. Santiago de Chile, Chile.

SAMLA. (2004). *Sistema de apoyo metodológico a los laboratorios de suelos, agua, vegetales y enmiendas orgánicas*. ISBN 987–9184–40-8. Dirección de Agricultura SAGPyA Argentina.

Sandó, N.D.; Soto, R. y Casanova, A. (2006). Contribución a la tecnología de cepellones para el cultivo protegido en plántulas de tomates (*Lycopersicum esculentum* Mill) en la provincia de Cienfuegos. Tesis de Maestría. Universidad Agrariade La Habana “Fructoso Rodríguez”. Facultad de Ciencias Agrícolas.

SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria). (2022). Tomate: un fruto que supera las expectativas y promete un sostenido crecimiento. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/tomate-un-fruto-que-supera-las-expectativas-y-promete-un-sostenido-crecimiento>.

Soria, C.B. (2002). Cultivo sin Suelo de Hortalizas. Sèrie Divulgació Tècnica. Generalitat Valenciana. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Vagnoni, R.; Buyatti, M. y Favaro, J.C. (2014). Efecto del tamaño de celda de bandejas de siembra sobre la morfología y fisiología de plantines de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). recuperado de: www.horticulturaar.com.ar. Mayo 2023.

Valenzuela, O.R. y Gallardo, C.S. (2005). Alcances de la investigación argentina sobre cualidades y usos agronómicos del lombricompost. Revista Científica Agropecuaria 9(1): 55-61.

Valenzuela, O.R.; Gallardo, C.S.; Carponi, M.S.; Aranguren, M.; Tabares, H. y Barrera, M.C. (2014). Manejo de las propiedades físicas en sustratos regionales para el cultivo de plantas en contenedores. Ciencia, docencia, tecnología suplemento 4:1-19.

Vavrina, C. (2002). An introduction to the production of containerized vegetable transplant. The Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu/hs126>, 5 de mayo 2010.

Verdonck, O.; De Vleeschauwer, D. y De Boodt, M. (1988). The influence of substrate to plant growth. Acta Horticulturae (126): 251 – 257.

Warncke, D.D. (1988). Recommended test procedure for greenhouse growth media. pp. 34-37. In: Recommended chemical soil test procedures for the North Central Region. Bulletin 499. North Dakota Agricultural Experiment Station. Fargo, ND.

Wattthier, M.; Schwengber, J.E.; Fonseca, F.D. y Silva, M.A.S. (2019). Húmus de minhoca e cascade arroz carbonizada como sustratos para produção de mudas de alface. Brazilian Applied Science Review, 3(5), 2065-2071. <https://doi.org/10.34115/basrv3n5-011>.

Wien, H.C. (1997). Transplanting. In: The Physiology of Vegetable Crops. CAB International. H.C: Wien ed.