



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Instituto de Fisiología Vegetal

(INFIVE) UNLP-CONICET

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

TRABAJO FINAL PARA ACCEDER AL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA

**FIBRA DE MADERA DERIVADA DE CARTÓN COMO SUSTITUTO DE LA
TURBA: EVALUACIÓN DE SU USO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES**

Apellido y Nombre: Glassmam Anahí Tamara

Legajo: 26489/1

DNI: 35.942.182

Correo electrónico: glassmam@hotmail.com

Teléfono: 1163086613

Directora de Proyecto: Dra. Marcela Simontacchi (†), Investigadora CONICET, Docente FCAyF-UNLP.

Directora de Tesis: Dra. María Lujan Maydup, Investigadora CONICET, Docente FCNyM-UNLP. Lugar de trabajo: INFIVE

Co-director: Dr. Christian Weber, Docente en Cerealicultura FCAyF-UNLP.

Fecha de entrega: 30 de septiembre de 2022

RESUMEN

La turba es uno de los componentes más utilizados en la formulación de sustratos hortícolas, sin embargo, su carácter no renovable ha impulsado la búsqueda de materiales alternativos para su sustitución. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de distintos sustratos alternativos basados en fibra de madera derivada del cartón, en la emergencia y crecimiento de plantines de *Lactuca sativa*, bajo condiciones semi-controladas de invernadero. La investigación se llevó a cabo en el Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE-CONICET). Los sustratos empleados fueron: T1 fibra de madera derivada del cartón procesada una vez (100%), T2 fibra de madera derivada del cartón procesada dos veces (100%), T3 fibra de madera derivada del cartón procesada dos veces y perlita (90%-10%), T4 fibra de madera derivada del cartón procesada dos veces, lombricompost y perlita (70%-20%-10%) y T5 sustrato comercial testigo TS 876 Klasman y perlita (90%-10%). Los tratamientos se establecieron bajo un diseño en bloques con distribución de tratamientos al azar con cinco repeticiones. Se sembraron 60 semillas por cada repetición en bandejas de plástico negras con celdas de 6 cm³ de capacidad y se aplicó fertirriego por capilaridad con lámina de agua. Se realizaron dos ensayos uno se sembró en el mes de abril y el otro en agosto del año 2021. Al comienzo del ensayo se registró el número de semillas germinadas y de plántulas bien desarrolladas. A los 30 días después de siembra se muestrearon 9 plantines por tratamiento y se midieron los siguientes parámetros: número de hojas, altura, longitud de raíz principal, índice de verdor, peso fresco y seco de raíz y hojas y área foliar. Las variables de estudio fueron sometidas a un análisis de comparación de medias ($p \leq 0,05$), con el programa estadístico STATISTICA 7. El testigo presentó los valores máximos en la totalidad de las variables evaluadas. Entre los sustratos alternativos diseñados, el tratamiento T2 obtuvo valores mayores que la media general de todos los tratamientos, en todos los parámetros de crecimiento analizados. Se concluye que la fibra de madera derivada del cartón sin agregado de otro componente, presenta potencial de ser explorado para su utilización como sustrato y sustituto de la turba.

INTRODUCCION

La horticultura en La Plata provincia de Buenos Aires, Argentina, no solo se destacó desde el nacimiento de la ciudad, sino que se ha convertido en una de las principales regiones de producción hortícola a nivel provincial y nacional (Viteri et al., 2013; García, 2016).

En este marco, en los últimos años han surgido y consolidado en el área hortícola platense, empresas que producen y comercializan plantines con cepellón. Denominadas vulgarmente como “Plantineras”, se establecen como un proveedor más, convirtiéndose el plantín en un insumo externo a la quinta. El método de iniciación de cultivo utilizado por productores platenses ha sufrido cambios con el tiempo. Inicialmente se utilizaba el sistema de siembra “de asiento” donde la semilla era depositada en su lugar definitivo, siendo el plantín solo una etapa del cultivo. Con el propósito de facilitar el control de malezas, aumentar la eficiencia de germinación, mejorar la uniformidad de siembra y reducir el gasto de mano de obra y semilla, surgen las almacigueras desde donde se extraían los plantines para luego ser trasplantados en su lugar definitivo. No tardaron en imponerse los contenedores denominados bandejas o *speedling*, obteniéndose un plantín acompañado por su correspondiente cepellón o pan de tierra. De esta manera se aminora el estrés post-trasplante incrementándose el porcentaje de implantes exitosos y reduciéndose el atraso que conlleva el trasplante a raíz desnuda (García, 2016).

Desde la aparición de las primeras plantineras a mediados de la década de 1990, su expansión fue inexorable coincidiendo con el fuerte crecimiento en la producción hortícola platense (García y Kebat, 2008; Waisman, 2011). Mientras que en 1995 había una o dos plantineras en toda la zona sur del Área Hortícola de Buenos Aires (La Plata, Berazategui y Florencio Varela), en la actualidad existen alrededor de veinticinco plantineras y se estima que suman aproximadamente un total de diez hectáreas, demandando unos veinticinco trabajadores por cada hectárea (García, 2016).

Un insumo ampliamente utilizado en la producción de plantines es el sustrato, definido por Abad et al. (2004) citado en Fernández Pérez (2010) como “todo material sólido distinto del suelo in situ, natural o de síntesis, mineral u orgánico que, colocado en un

contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando un papel de soporte para la planta”. El sustrato puede intervenir activamente o no en el proceso de la nutrición vegetal. En orden de importancia económica, en cuanto a costo productivo y componente generador del precio final de una bandeja, el sustrato no resulta ser el elemento con mayor peso (García, 2016). Sin embargo, para el desarrollo y crecimiento de plántulas, el sustrato empleado es un factor fundamental, puesto que éste contribuye en la calidad del plantín. Actualmente existe una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos. Desde el punto de vista ambiental los criterios más importantes para la elección de un material como sustrato en cultivos sin suelo son: su durabilidad y capacidad para ser reciclado posteriormente (Abad y Noguera, 2000 citados en Ortega Matínez et al., 2010). Los sustratos inorgánicos, ocasionan un serio problema ya que no son degradables generando un gran volumen de desechos productivos y así mismo no pueden ser incorporados al terreno. En lo que a sustratos orgánicos se refiere, la turba es ampliamente utilizada. Se trata de un material proveniente de la deposición natural de residuos vegetales que se descomponen lentamente durante años (Arenas et al., 2002; Bracho et al., 2008). Sus reservas son limitadas, no renovables, son un sumidero del CO₂ atmosférico y, consecuentemente, su uso indiscriminado provoca un impacto ambiental significativo (Abad y Noguera, 2000 citado en Fernández Pérez, 2010). Sin embargo, sus características particulares le han permitido ocupar un lugar importante como medio de cultivo, convirtiéndose en un factor de desarrollo para el sector hortícola durante los últimos años.

Teniendo presente lo antes dicho, se evidencia que la generación de bioinsumos es una necesidad inminente si el objetivo es realizar ciclos productivos sustentables y ecológicos. En efecto, el principal propósito de esta investigación fue dirigido a evaluar un material alternativo, posible sustituto de la turba en sustratos hortícolas, derivado de un subproducto comercial disponible en cualquier centro urbano: la fibra de madera derivada del cartón. Con ello, se pretende visualizar el potencial y las enormes posibilidades que el reciclaje de materiales orgánicos y subproductos encierran en lo que a innovaciones agroecológicas se refiere, pudiéndose llevar a cabo a través de la diversificación y la creación de sinergias entre diferentes componentes y actividades del sistema productivo, cerrando ciclos y reduciendo desperdicios.

Para comenzar la presente investigación se elaboró una breve reseña con base en diversos estudios vinculados a la evaluación de materiales alternativos para su uso como medio de cultivo.

ANTECEDENTES

De acuerdo con Burés (1997) citada en Fernández Pérez (2010), el desarrollo de los sustratos tuvo su origen con el cultivo en contenedor. Desde entonces se planteó un cambio conceptual con respecto al cultivo tradicional apareciendo el sustrato como sustituto del suelo natural.

El número de materiales que pueden ser utilizados como sustratos es amplio. Muchos residuos o subproductos derivados de explotaciones agrícolas o industriales actualmente son motivo de investigación como sustitutos de los materiales tradicionalmente utilizados. Los sustratos durante los últimos años, han sido capaces de captar una variedad de materiales considerados subproductos de escaso valor, pudiendo suplir de esta manera la mayor demanda y revalorizando estos productos (Burés, 2001). Siguiendo esta idea, Domeño (2009) manifiesta que el objetivo de los nuevos materiales alternativos viene cumpliendo dos objetivos básicos: en primer lugar, no fabricar materiales *ex novo* cuya eliminación podría ser problemática y, en segundo lugar, la reutilización de subproductos industriales que constituyen una posibilidad más de eliminación y reciclado de desechos.

Los materiales se han clasificado tradicionalmente de modos muy diversos. Una de las clasificaciones más frecuentes es en orgánicos e inorgánicos.

Entre los sustratos orgánicos se destaca la **fibra de coco**, una mezcla de fibras cortas y polvo de coco. Es un material ampliamente utilizado actualmente en todo el mundo, pero, a pesar de sus adecuadas propiedades, este material presenta dos desventajas importantes: se trata de un material heterogéneo cuyas propiedades físico-químicas difieren en función de la fuente del sustrato, pudiendo deberse a diferencias en el fruto, el método y condiciones de procesamiento o el periodo de almacenamiento (Domeño, 2009). Por otro lado, para su utilización en nuestro país, es necesaria su importación lo que conlleva un incremento de su coste.

Existen también diferentes materiales **derivados de la madera** que pueden utilizarse como sustratos. La corteza de pino, compostada o no, el aserrín, las astillas, el corcho o la fibra de madera son ejemplos de ello. El sustrato a base de fibra de madera tiene sus orígenes en Francia en la década de los 80 por la empresa Hortofibre. Para su obtención la madera fue sometida a procesos térmicos y físicos sin aditivos químicos. Durante el proceso de desfibrado, las virutas de madera pasan por un proceso a base de vapor y fricción a altas temperaturas (150°C) dando como resultado final las fibras de madera pudiendo ser de diferentes grosores. Se trata de un material con elevada capacidad de aireación, baja densidad aparente, pH ligeramente ácido, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y conductividad eléctrica (CE) bajas. Su capacidad de retención de agua depende de las fibras, pero aumenta con el tiempo en todos los casos (Lemaire et al., 1989 citado en Fernández Pérez, 2010). Posteriormente, la empresa suiza Intertoresa desarrolló otro sustrato a base de fibra de madera triturada con corteza. La empresa Navarra Aralur S.L fabrica desde hace algunos años un sustrato orgánico a base de fibra de madera llamada Fibralur. Para su producción utilizan subproductos de aserraderos sometiendo la fibra a un lavado y altas temperaturas (90-115°C). Otra forma de desfibrado probada por la empresa es en seco (Fernández Pérez, 2010).

La fibra de madera se utiliza en los medios de cultivo desde comienzo de este siglo. En efecto son varias las empresas que han incorporado la fibra de madera como componente en su gama de mezclas a base de turba. Ejemplos de ello son los sustratos NF Wood de Berger, KGreenFibre de Klasmann-Deilmann, Kekkilä FLOW de Kekkilä Professional, entre otros.

Los descartes de lana de oveja luego de la esquila son otro residuo orgánico evaluado como sustrato recientemente por la agencia de extensión del INTA Esquel, provincia de Chubut. En el año 2018, bajo la dirección del Ing. Agr. Eduardo Miserendino se llevó a delante un proyecto cuya propuesta fue la producción de plantines hortícolas con **sustrato de lana de oveja** procedente del descarte de la esquila. Las características fisicoquímicas de la lana, la convierten en un material liviano y apto para la retención de agua y aire, condiciones que propician la realización de los plantines hortícolas en bandejas de cultivo según informan técnicos de la agencia de extensión. Durante las pruebas, se descubrió que algunas lanas tienen cierta cantidad

de sales que resultan nocivas para la germinación, aspecto que fue solucionado por medio del lavado de la lana. Afirman que, si bien la utilización de la lana al 100% es una alternativa, residuo actualmente descartado por la industria, también se puede combinar con otros sustratos; en los ensayos han probado preparados compuestos por un 60% lana y un 40% de una mezcla de tres partes iguales de perlita, compost y turba.

En 1995, Chong y Hamersma publicaron los avances de su investigación que tuvo como objetivo evaluar el **cartón corrugado encerado** (aquel que posee impresión por termo transferencia que da un acabado plastificado y que utiliza cintas a base de cera y/o resinas como “tinta” de impresión) y otros residuos orgánicos en enmiendas de suelo y mezclas para cultivo en contenedor. En esta ocasión afirman que, si bien gran parte del *packaging* utilizado en el proceso de comercialización de productos y todo cartón corrugado no encerado se reciclan en la industria de fabricación de papel, no existe un procedimiento similar para reciclar cartón corrugado encerado. Al parecer, la cera interfiere con el proceso de fabricación del papel y por ende en su reutilización. Partiendo de esta problemática, llevaron a cabo un examen de reciclaje de cartón corrugado encerado sin compostar para evaluar su idoneidad como una enmienda sustitutiva en los medios utilizados para el cultivo en contenedores de cultivos de vivero. Para ello confeccionaron cinco medios con cartón corrugado encerado sin compostar mezclado con compost de lecho de hongos usado y/o aserrín evaluados contra: un medio de control de corteza de pino compostada; una mezcla de vivero de uso común formulada con corteza, turba y suelo; y una mezcla de compost de lecho de hongos y aserrín. En esta prueba, el cartón se probó en las peores condiciones posibles, es decir, el cartón no se compostó antes de su uso y las piezas trituradas tendieron a ser demasiado grandes, con piezas de unos 10 cm por 4 cm. Ignorando estas limitaciones, la mayoría de las mezclas de cartón corrugado encerado permitieron un adecuado crecimiento de la mayoría de las especies probadas. Investigaciones posteriores, han demostrado que el cartón corrugado encerado puede reutilizarse satisfactoriamente como fuente primaria de material compostable. El estudio incluyó la evaluación de una variedad de compost formulado con cartón corrugado encerado mezclado con compost de lecho de hongos, astillas de madera, productos orgánicos (reciclados de restaurantes, mercados de alimentos, hoteles,

etc.), diversos abonos de animales y productos de desecho utilizados como suplementos de nitrógeno. El proyecto, que se inició en 1993, tuvo como objetivo producir mezclas de compost para la industria de cultivo comercial, así como para determinar las mejores "recetas" de mezclas de cultivo utilizando cartón en la formulación.

En 1999, Chong manifiesta que desde 1980, el Programa de Investigación de Viveros Ornamentales en el Instituto de Investigación Hortícola de Ontario (HRIO) ha estado llevando a cabo investigaciones que se centran en prácticas de producción respetuosas con el medio ambiente. Se hace hincapié en el uso de residuos orgánicos como enmiendas en mezclas para macetas en contenedores. Varios proyectos han evaluado mezclas derivadas de residuos como abono de desechos sólidos, astillas de madera de pallets, muebles y desechos de demolición, desechos de alimentos y fertilizantes orgánicos fabricados a partir de subproductos cárnicos y desechos industriales seleccionados. En la actualidad, los lodos de las fábricas de papel se están evaluando como enmiendas del suelo del campo para el cultivo de árboles de sombra en los viveros y también para su uso en la rehabilitación de tierras marginales no agrícolas.

Un producto que hoy se asemeja al propuesto en el presente trabajo es el ©PittMoss. Es un sustrato elaborado a partir de material celulósico reciclado fabricado en Estados Unidos. Tiene sus orígenes en 1994, un experimento doméstico que, en el año 2017, con más de 20 años de experimentación y aval científico, fue patentado y comercializado de la mano de su fundador Mont Handley. Es un material compuesto de fibras lignocelulosicas formateadas en partículas que se caracterizan en ser ligeramente estriadas, esféricas o semiesféricas y ocasionalmente aplanadas o alargadas. Derivan principalmente de periódicos reciclados y/u otros materiales a base de celulosa, ingredientes obtenidos de las instalaciones de reciclaje locales y clasificados a mano y procesados en Ambridge, PA utilizando un protocolo de procesamiento patentado y maquinaria personalizada con patente pendiente de PittMoss.

Aseguran que es un medio de cultivo sostenible y de alto rendimiento, libre de patógenos, semillas de malezas y metales pesados o ingredientes dañinos, con altas cantidades de carbono fácilmente disponible. Sus presentaciones están formuladas

con fibra de papel PittMoss en combinaciones múltiples con corteza de pino, turba, fibra de coco, perlita, vermiculita complementados con fertilizantes de liberación lenta o abonos orgánicos como estiércol de aves, compost bovino, harina de plumas, con pH ajustado con piedra caliza dolomítica y agente humectante.

Su uso es recomendado para el cultivo en maceta y/o enmienda orgánica. Cuando se utiliza como sustituto de la turba recomiendan utilizar un 30%-50% con una mezcla de compost y otras enmiendas, perlita y vermiculita. Es una mezcla para cultivadores profesionales que permite reducir el consumo de turba hasta un 1/3, una alternativa a las mezclas totalmente basadas en turba, lo que permite a los productores reducir su huella de carbono, mantener altos rendimientos y producir cultivos consistentes y saludables.

Haciendo un recorrido por los antecedentes citados es evidente que la búsqueda de productos alternativos en la generación de sustratos para la producción de plantas en contenedor fue y sigue siendo un problema a resolver. Subproductos industriales o desechos han estado en la mira desde hace tiempo; este trabajo pretende tomar como punto de partida esta idea e impulsar la generación de un producto de importancia para el sector agrícola, con una mirada sustentable, apostando a una economía circular y sobre todo aportando a la tarea de encontrar un sustituto al recurso natural: la turba.

HIPOTESIS

La fibra de madera derivada del cartón constituye una fuente de materia prima como componente de sustratos para el desarrollo de plantines hortícolas reemplazando uno de los elementos más usados en las mezclas comerciales: la turba.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la calidad de la fibra de madera derivada de cartón como sustituto de la turba y verificar la posibilidad de elaborar sustratos factibles de ser estandarizados para la producción de plantines hortícolas.

Objetivos específicos

Determinar el efecto de sustratos elaborados a base de fibra de madera derivada del cartón en la producción de plantines de lechuga.

Evaluar las propiedades fisicoquímicas de las mezclas obtenidas.

Proponer un sustrato sin suelo de calidad estándar.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se llevaron a cabo en el invernadero de tipo capilla emplazado en la terraza del Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE) con dependencia académica en UNLP-CONICET, ubicado en diagonal 113, Casco Urbano de la ciudad de La Plata, Provincia de Buenos Aires, en condiciones de crecimiento con temperatura controlada y luz natural.

En la horticultura platense el *speedling* utilizado varía según el plantín a producir: hortalizas de hoja (288 o 325 celdas), crucíferas (200 celdas), solanáceas (162 o 200 celdas) (García, 2016). Existe una tendencia a que las celdas sean cada vez más diminutas, logrando de esta manera diluir costos, ya que ello posibilita más plantines por metro cuadrado y menos sustrato. Siguiendo lo dicho, las unidades experimentales fueron confeccionadas con *speedlings* de plástico negro de sección tronco-cónico de 60 celdas de 6 cm³ de capacidad elaboradas a partir de bandejas de 288 celdas recortadas, previamente desinfectadas con agua clorada. Cada *speedling* fue ubicado en forma individual en bandejas contenedoras de tipo descartable.

El diseño experimental fue realizado con una distribución al azar de cada tratamiento por bloque con 5 repeticiones (ver Figura 1).

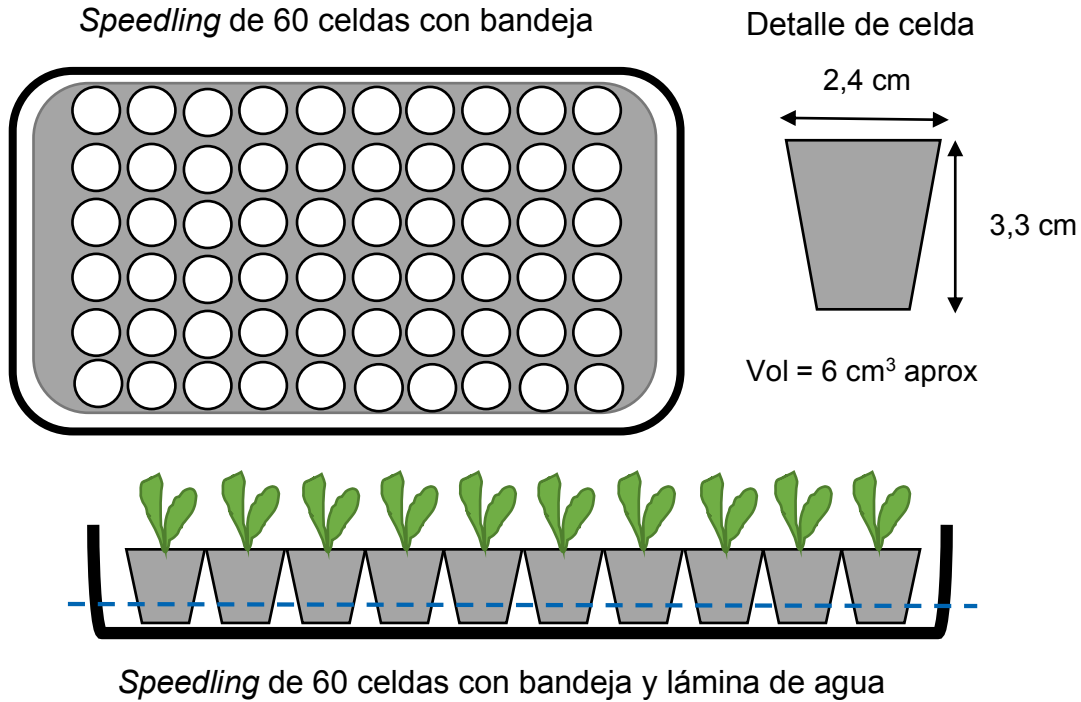


Figura 1: Detalle de las unidades experimentales y diseño experimental

El material vegetal utilizado fue lechuga (*Lactuca sativa*) cultivar Grand Rapids Waldman's Green (proveniente de la CAPS, Compañía Argentina Productora de

Semillas SA). Se realizó una prueba de poder germinativo (PG), que permitió caracterizar la calidad de las semillas.

A continuación, se realizará la descripción de cada material evaluado (características, obtención y formulación de mezclas) para luego abordar la metodología implementada para llevar adelante los ensayos.

Materiales utilizados como sustratos de siembra

Las mezclas evaluadas fueron formuladas con: fibra de madera derivada de cartón, perlita y lombricompuesto, contrastando su desempeño con un sustrato comercial (testigo).

Fibra de madera derivada del cartón (FDC)

El cartón corrugado es un material utilizado fundamentalmente para la fabricación de *packaging* diversos que se emplea en todos los sectores industriales y de servicio. Se compone de 3 o 5 capas de papel siendo los dos externos lisos y el o los interiores ondulados, lo que le confiere una estructura de gran resistencia mecánica (Manual de elaboración del cartón corrugado, 2007).

Las fibras celulósicas constituyen la materia prima para su elaboración y se caracteriza por presentar la siguiente estructura: haces de fibrillas elementales de moléculas de celulosa alineadas que se agregan en microfibrillas y estas en macrofibrillas organizadas en la pared celular de la madera asociadas con porcentajes variables de hemicelulosas y lignina (Area, 2019).

En Argentina se producen anualmente cerca de 900.000 toneladas de pasta celulósica de las cuales el 16% proviene de la caña de azúcar; el resto proviene de bosques implantados de pinos, eucaliptos, sauces y álamos. Se producen anualmente 1.762.000 toneladas de productos de papel (diarios, libros, cartón, cartulina, servilletas, papel higiénico, etc.) y para su fabricación se utiliza como materia prima un 45% de celulosa y un 55% de papel que se recicla (cifra comparativamente alta a nivel mundial). Por su parte, la fabricación de cartón corrugado a partir de materiales reciclados fue uno de los rubros que más ha crecido (Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel, 2016).

En el presente trabajo, para la obtención de la FDC se utilizaron embalajes del sector comercial, que fueron procesadas a efecto de adaptar el material para su uso como sustrato para la siembra de especies hortícolas. Para su obtención se llevó adelante el siguiente procedimiento (ver Anexo Fig. 1):

1. Se realizó un picado inicial de forma manual de 1 kg de cartón en trozos de 64 cm² aproximadamente.
2. En un balde plástico de 20 l se sumergió el cartón picado en agua a 100°C en una relación de 1:10 (1 kg de cartón en 10 l de agua) por un periodo no menor a 2 h.
3. Con un mezclador de pintura adaptado para su uso con taladro (ver Anexo Fig. 2) se realizó el primer procesado (primera acción mecánica), obteniendo una pasta densa de celulosa reciclada. Para extraer el agua excedente se tomaron pequeñas porciones de pasta y se le aplicó presión con las manos hasta obtener terrones de cartón procesado.
4. En un balde plástico de 20 l se colocaron los terrones de cartón y fueron sometidos a una nueva acción mecánica con el mezclador de pintura (segunda acción mecánica, sin el agregado de agua); de esta manera se obtuvo un material granulado de cartón que fue secado en horno a unos 200°C, aproximadamente por una hora, hasta obtener un valor de 2 kg al realizar el pesaje del material. Para obtener un secado parejo el material fue volteado con frecuencia.

Alcanzada la humedad deseada el producto resultante fue denominado: fibra de madera derivada del cartón procesada una vez (CP1V).

5. El desfibrado del CP1V se realizó por medio de un accesorio fabricado para tal fin (ver Anexo Fig.3), tomando la precaución de realizar la acción en un balde metálico para evitar la incorporación de virutas de plástico procedentes del recipiente contenedor. El producto resultante fue denominado: fibra de madera derivada del cartón procesada dos veces (CP2V).
6. Los productos obtenidos (CP1V y CP2V) fueron conservados en baldes plásticos con tapa hermética para evitar su contaminación.

En cada paso se trabajó en áreas despejadas, desinfectadas con agua clorada y alcohol al 70%; los recipientes e implementos utilizados fueron desinfectados con alcohol al 70%.

Perlita agrícola

La perlita es un término genérico usado para designar un mineral de origen volcánico con alto contenido de sílice, que fue molido a una granulometría adecuada, y sometido a temperaturas de 900°C, se expande formando pequeñas esferas porosas. Dado su origen inorgánico y su proceso de producción a muy alta temperatura, es estéril evitando gastos de desinfección. Es inerte y de pH neutro. En una mezcla para cultivo, la perlita agrícola permite: retener la humedad por más tiempo, eliminando fácilmente el exceso una vez saturada; proporciona un adecuado intercambio de gases (O₂ y CO₂) evitando la compactación del sustrato; mantiene los nutrientes solubles en agua atrapados en la superficie de las partículas, mejorando el flujo de agua, nutrientes y aire hasta las raíces primarias y secundarias. Dado su bajo peso, posibilita obtener mezclas muy livianas. Es decir, se trata de un componente que favorece el drenaje del medio, intensifica la aireación y mantiene una baja densidad (©Imerys, 2021).

La perlita utilizada en esta ocasión corresponde a la marca Perlome®, de granulometría gruesa.

Lombricompuesto

El lombricompuesto es un material estabilizado, libre de olores y con características deseables como componente de sustratos de cultivo distintos del suelo, que se obtiene por la descomposición de residuos orgánicos a partir de la acción conjunta de lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) y distintos microorganismos. Entre sus características fundamentales se encuentran su adecuada estructura, drenaje, aireación, capacidad de retención de humedad, abundante cantidad de nutrientes en formas fácilmente asimilables para las plantas; además de la presencia de partículas cuya área superficial favorece la retención de los nutrientes, y provee micrositos aptos para la actividad de especies microbianas con comprobada aptitud para la generación de sustancias con acción promotora del crecimiento, del tipo de las auxinas,

giberelinas y ácidos húmicos (Aalok et al., 2008; Argüello et al., 2013; Tombion et al., 2016)

El lombricompuesto utilizado corresponde a la marca Sol y Agua.

Sustrato comercial (testigo)

El sustrato testigo fue aportado por Olmo Verde SLR Plantines, empresa localizada en Lisandro Olmos en la ciudad de La Plata. Se trata del sustrato Klasmann TS 876 de estructura extra fina recomendado para uso en semilleros de plantas hortícolas/ornamentales compuesto de turba rubia de 0-5 mm y perlita, con una fertilización inicial de 1 kg/m³ con extra de micronutrientes, provisto de un agente humectante Khydro S (©Valimex y ©Klasmann-Deilmann)

Elaboración de las mezclas

Para evaluar el desempeño de la FDC se efectuaron los siguientes tratamientos (ver Tabla 1):

Tabla 1: Descripción e identificación de cada tratamiento evaluado

Tratamiento	Identificación	Composición	%
T1	CP1V	Fibra de madera derivada del cartón procesado una vez	100
T2	CP2V	Fibra de madera derivada del cartón procesado dos vez	100
T3	CP2V + P	CP2V + perlita	90 - 10
T4	CP2V + L + P	CP2V + lombricompuesto + perlita	70 - 20 - 10
T5	SC	Sustrato Olmo Verde = turba rubia Klasmann Bigbale TS 876 + perlita	90 - 10

Las combinaciones porcentuales de cada material fueron determinadas teniendo como criterios de confección los siguientes puntos:

- **T1 y T2:** evaluar las diferencias del material obtenido a partir de la metodología propuesta para la obtención de FDC y determinar la necesidad del segundo procesado.
- **T3:** evaluar la necesidad de agregar a la formulación el componente perlita. El porcentaje incorporado fue determinado de tal manera que nos permitiera

generar una réplica del sustrato comercial utilizado, reemplazando la turba por FDC.

- **T4:** en numerosas oportunidades se ha evaluado la utilización del lombricompuesto concluyendo que el agregado de este material a la mezcla, indistintamente de su origen, favorece el crecimiento del material vegetal utilizado, lo que podría atribuirse al aporte de macronutrientes, pero fundamentalmente a la modificación de las propiedades físicas y biológicas de las mezclas resultantes. Según manifiesta Tombion et al. (2016) la incorporación de 20% de lombricompuesto a la mezcla de siembra obtuvo el mejor desempeño en cuanto a características del sustrato y condiciones de crecimiento para el plantín, afirmación que determinó su incorporación en una de las mezclas evaluadas.
- **T5:** evaluar el desempeño del material propuesto junto a un sustrato comercial (SC) que es empleado en una plantinera de la zona y que cumple con la particularidad de ser un sustrato cuyo componente base es la turba.

Las mezclas evaluadas fueron formuladas en relación v/v, verificando la densidad del material en cada volumen por pesado, admitiendo una variación +/- 1 gr. Dada las particularidades físicas de cada material utilizado, las partes volumétricas fueron tomadas de la siguiente forma: para el lombricompuesto y la perlita se procedió al enrazado del recipiente tomado como parte volumétrica; en el caso de la FDC se llenó el recipiente logrando el enrazado del material por medio de tres golpes sobre la mesada a una distancia de 3 cm. Una vez realizado el pesaje de cada componente los mismos fueron depositados en charolas plásticas para efectuar la mezcla de componentes y confección de los sustratos propuestos.

Las mezclas fueron analizadas en el Laboratorio de Sustratos del Centro de Investigaciones de Recursos Naturales (CIRN), del Instituto de Floricultura del INTA Castelar, realizándose su caracterización física y química. Dado que dichos análisis fueron realizados una vez culminados los ensayos, con el objetivo de identificar parámetros limitantes del sustrato propuesto durante la realización de los ensayos, en el INFIVE, se analizaron los factores pH y conductividad eléctrica de cada mezcla siguiendo el protocolo de medición propuesto por el Instituto de Floricultura, INTA

Castelar cuya descripción se detalla en Anexo. Luego estos resultados fueron corroborados con los resultados obtenidos en el CIRN.

Los ensayos

Se realizaron en total dos ensayos separados en el calendario por una brecha de 3 meses. Es importante mencionar que a partir de los resultados obtenidos en el primer ensayo se efectuaron correcciones consideradas de relevancia para mejorar el desempeño del material evaluado. Las modificaciones realizadas serán debidamente detalladas en los siguientes apartados.

Para la obtención de la FDC en el EN°1 se realizó el procedimiento descrito anteriormente. Sin embargo, en el EN°2 se decidió estandarizar el tiempo de acción mecánica aplicada por las herramientas utilizadas y el volumen de material a procesar. En este sentido tanto para la obtención del CP1V como para el CP2V se estableció un tiempo de procesado de 5 min sobre porciones de 2 l de cartón.

Llenado de bandejas y siembra

En el EN°1 el llenado de *speedlings* se efectuó colocando sustrato en la parte central de la bandeja realizando la distribución del material con la palma de la mano. Para asegurar un completo llenado de las celdas se ejerció presión sobre las mismas con la ayuda de una bandeja vacía.

En el EN°2 la metodología de llenado de *speedlings* fue ajustada: previo al llenado de las bandejas de germinación con las mezclas propuestas se realizó el pesaje del material para asegurar uniformidad en cada tratamiento. Para ello se llenó una bandeja modelo con cada sustrato a evaluar y se pesó el material utilizado obteniendo el valor de referencia para las pesadas restantes. El método de llenado evaluado y elegido fue mediante la utilización de pinzas. Con el material pesado, se tomó con pinzas la cantidad de sustrato que esta nos permitió sujetar y se lo ubico en cada celda hasta completar la bandeja. A continuación, se acomodó el contenido por medio de golpes a 5 cm sobre la mesada. Por su parte, el SC por sus características físicas, fue pesado y colocado en el centro de cada bandeja y distribuido con la ayuda de una regla, enrazando cada celda y aplicando golpes a 5 cm sobre la mesada para el acomodo del material.

Las siembras se realizaron de forma manual en dos momentos del año 2021, en el mes de abril (EN°1) y en agosto (EN°2). Se utilizó para dicha tarea un peine de siembra (ver Anexo Fig. 4), confeccionado con el objetivo de controlar la profundidad de siembra en cada tratamiento y repetición. En el EN°2 la única presión ejercida sobre el sustrato en cada celda fue mediante este utensilio. En cada celda, con la ayuda de una pinza, se sembró una semilla seleccionada por su robustez y color; por último, se procedió al tapado superficial de la semilla con el material circundante. Para fijar la semilla en el sustrato y facilitar su traslado a invernadero se realizó un riego superficial con agua con un atomizador de mano hasta observar el sustrato bien humedecido; de esta manera se favoreció, además, el efecto de capilaridad en el riego inicial.

Unidad experimental

Como fue mencionado anteriormente, las unidades experimentales fueron confeccionadas a partir de *speedlings* recortados con un total de 60 celdas colocados individualmente en bandejas contenedoras descartables para realizar riego por capilaridad.

En el EN°1, las bandejas contenedoras fueron utilizadas tal como son adquiridas comercialmente, es decir, manteniendo la característica transparente del material. En el EN°2, se decidió pintar las bandejas contenedoras por la parte externa con una base negra y una capa superficial de color blanco para reducir el paso de luz y así evitar la proliferación de algas, reducir su interferencia en la solución nutritiva y el calentamiento excesivo de la misma.

Conducción de los ensayos

Una vez ubicadas las bandejas en el lugar definitivo se realizó un riego inicial de 200 ml con agua corriente. En los días posteriores, se realizaron riegos periódicos con 200 ml procurando que el sustrato permanezca humedecido evitando el encharcamiento (se procuró mantener el nivel de la lámina de agua en no más de medio centímetro). Producida la germinación y expansión de los cotiledones los riegos se realizaron con solución nutritiva (SN) para hortalizas de hoja (AquaGarden). Los riegos fueron regulares teniendo como prioridad evitar deficiencias hídricas, regando cada bandeja por capilaridad con 200 ml de SN incrementando el volumen aplicado acompañando el crecimiento del plantín y demanda ambiental, llegando a 300-400 ml de SN en la

etapa final del ensayo. Este procedimiento fue replicado en el EN°2 ajustando levemente la frecuencia de riegos y se decidió utilizar en esta ocasión agua destilada para efectuar los riegos ya que se detectó un incremento en el contenido de cloro presente en el agua corriente utilizada inicialmente. Vale aclarar que el riego por capilaridad, si bien no es la forma tradicional utilizada por las plantineras de la zona, la elección fue en función de cuestiones prácticas.

Parámetros registrados

A continuación, se detallan los parámetros registrados y metodologías aplicadas para la obtención de datos en ambos ensayos.

Inicialmente, se realizó el conteo de celdas totales con plantín emergente a los 7 días después de siembra (DDS) para evaluar % de germinación. Alrededor de los 10-15 DDS se efectuó el raleo de plántulas excedentes que surgieron por error de siembra, dejando una plántula por celda, seleccionada por su vigor.

Transcurridos 30 DDS, tiempo promedio en producción de plantines de lechuga manejado por plantineras de la zona (García, 2016), se dio por finalizado el ensayo. Para el muestreo de plantines se tomaron las repeticiones presentes en tres bloques. El muestreo se efectuó tomando 3 plantines consecutivos por repetición de la zona central de cada *speedling* evitando los presentes en la periferia, se muestreó un total de 9 plantines por tratamiento (3 platines/unidad de muestreo * 3 repeticiones).

Las variables analizadas fueron:

-longitud de la hoja más larga: medición directa desde el cuello del plantín hasta el ápice de la hoja más larga mediante regla milimétrica.

-longitud de la raíz principal: medición directa desde el cuello del plantín hasta el ápice de la raíz principal mediante regla milimétrica.

-peso fresco (PF) de hoja y raíz: se efectuó un corte a la altura del cuello del plantín y se pesaron separadamente hoja y raíz en balanza analítica.

-peso seco (PS) de hoja y raíz: fueron secadas en estufa a 60°C hasta peso constante y pesadas en balanza analítica.

-índice de verdor (SPAD): fue registrado el valor promedio de SPAD de cada plantín.

-número de hojas: se contabilizó toda hoja superior a los 5 mm de alto.

-área foliar (AF): se escaneo cada hoja que conformaba el plantín para posteriormente calcular el área con el programa ImangeJ.

-%MS total: cociente entre peso seco total y peso fresco total expresado en porcentaje; ambos pesos fueron calculados como la sumatoria de los pesos frescos o secos de hojas y raíces respectivamente.

Como variable adicional se realizó al finalizar el EN°2 un censo poblacional de cada unidad experimental contando las celdas totales con plantín y se las categorizo del siguiente modo:

- Celda con germinación: número de celdas totales con presencia de plántula con crecimiento normal (plantín efectivo) o defectuoso (plantín que no próspero y mal implantado).
- Celda con plantín efectivo: número de celdas con plántulas que han logrado un crecimiento “normal”, es decir, que alcanzaron un crecimiento mínimo.
- Celda con plantín que no prospero: número de celdas con plántulas estancadas en etapa cotiledonal o con indicios de las primeras hojas verdaderas y que no creció. No se lo conto como plantín efectivo.
- Celda con plantín mal implantado: número de celdas con plántulas que presentaron impedimento de penetración en sustrato. No se lo conto como plantín efectivo.

Por otro lado, se realizó el registro y categorización por altura de cada plantín efectivo, tomada por medio de una regla milimetrada desde el cuello del plantín hasta el ápice de la hoja más larga.

En el EN°1 únicamente se registró el total de plantines efectivos contrastando el dato con cantidad de plantines mal implantados y que no prosperaron.

El censo realizado en el EN°2 tuvo el propósito de evaluar las mejoras efectuadas en la metodología de siembra y manejo del plantín producto de observaciones en el EN°1.

Los datos se sometieron a análisis de varianza, evaluando diferencias entre medias por la prueba del Test de Tukey, con identificación de varianzas significativas por el Test de Newman-Keuls.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los porcentajes de germinación para los tratamientos con FDC en el EN°1 fueron de 80% promedio, valor ampliamente mayor al obtenido por el sustrato testigo con un 55%, diferenciándose estadísticamente de los anteriores tratamientos. En el EN°2 los porcentajes de germinación fueron mayores al 80% en todos los tratamientos y sin diferencias significativas entre ellos. Los tratamientos con FDC presentaron valores promedios de 90% y el testigo obtuvo un 80% de germinación. Comparando ensayos se pudo ver un aumento promedio del 10% de germinación en el EN°2 con respecto al EN°1 en la totalidad de los tratamientos a base de FDC y un aumento significativo en el SC con un 25% más de germinación en el EN°2 (ver Fig. 2).

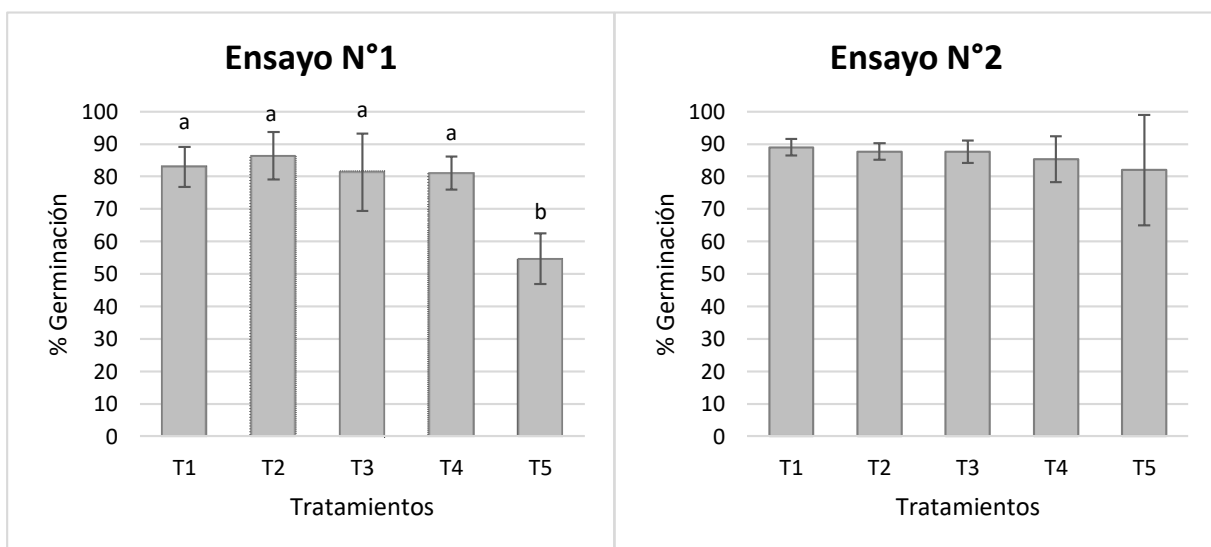


Figura 2: % Germinación por ensayo y tratamiento. Los datos corresponden a la media obtenida y las barras de error corresponden al error estándar. Las diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas, ANOVA de una vía y test post-hoc de Tukey ($p < 0.05$).

Los valores obtenidos manifiestan una mejora notable en todos los tratamientos dada por el ajuste en la frecuencia de riego en el EN°2 que permitió reducir el riesgo de anegamientos temporales, inconveniente que provocó en el EN°1 la obtención del valor más bajo de % germinación en el tratamiento testigo. Esto pudo ser agravado en el SC por poseer en su composición un agente humectante (Khydro S), incorporado a la receta por presentar la turba dificultad para humectarse a medida que se seca y evitar así la flotación del sustrato durante el riego (Hartmann y Kester, 1997a).

En el EN°1 se observaron problemas de implantación sobre todo en los tratamientos con FDC, problema con marcada presencia en el T1 con valores decrecientes para T4, T3 y T2, obteniendo el testigo el valor más bajo. Esta particularidad no fue observada en el EN°2 (ver Fig. 3).

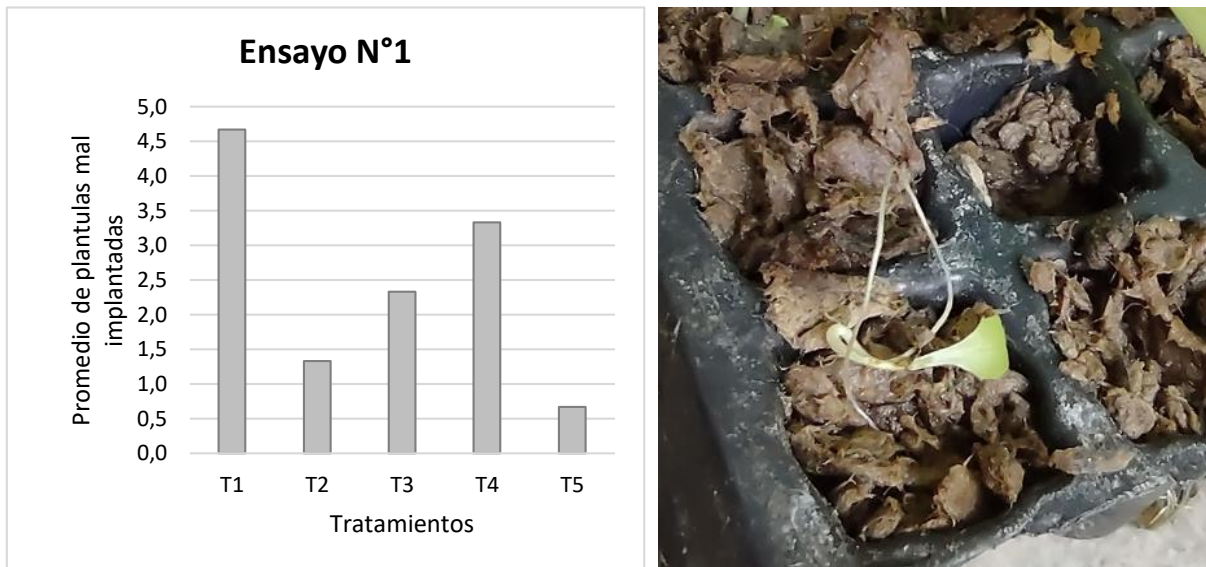


Figura 3: Panel izquierdo. Promedio de plántulas mal implantadas por tratamiento en los bloques muestreados. **Panel derecho.** Fotografía de un plantín mal implantado en el T1 del EN°1.

Al ejercer presión sobre el sustrato durante el llenado de los *speedlings* en el EN°1 se provocó un cambio en sus características físicas, convirtiéndolo en un sustrato difícil de ser explorado por las raíces del plantín. Con la modificación realizada en la metodología de llenado en el EN°2 la mejora fue evidente eliminándose por completo este efecto.

Otro aspecto a tener en cuenta es la estandarización del tiempo de acción mecánica ejercida sobre el cartón durante su procesado en el EN°2 que permitió obtener un producto más homogéneo y de una granulometría menor, de aspecto lanoso con una exposición mayor de las fibras lignocelulosas presentes en el cartón, lo que pudo haber aportado a las mejoras del medio de germinación y de implantación.

Por otro lado, en ambos ensayos se detectó deformación de cotiledones en la totalidad de los tratamientos con FDC, testigo e incluso en las cajas de Petri donde se evaluó PG (ver Fig. 4).



Figura 4: Fotografía de plántula con cotiledones deformes

La presencia de cotiledones deformes fue atribuido a la calidad de las semillas. Generalmente, una plántula normal debe tener una raíz y un tallo bien desarrollados, aunque el criterio de “plántulas normales” varía con la especie de semilla. Las “plántulas anormales” pueden ser causadas por la edad de la semilla o por inadecuadas condiciones de almacenamiento, daños por insectos, enfermedades o mecánicos, sobredosis de fungicidas, daño por heladas, deficiencia de minerales y/o materiales tóxicos presentes a veces en las charolas metálicas de germinación, en el sustrato o en el agua de las cañerías (Hartmann y Kester, 1997b). Si bien es un fenómeno que puede ser atribuido a un exceso de riego, la presencia de cotiledones deformes en las pruebas de poder germinativo descarta esta posibilidad.

Realizando una evaluación del total de celdas con plantín por bandeja en el EN°1, se observó que la población inicial de plantines se mantuvo constante hasta finalizar el ensayo presentándose pérdidas mínimas. En esta ocasión el tratamiento con mayor cantidad de celdas con plantín se observó en el T2 seguido por el T1 y T4. Por su parte, el T3 obtuvo el menor número de celdas con plantín en lo que a tratamientos con FDC se refiere, mientras que en el testigo se obtuvo el valor más bajo entre todos los tratamientos evaluados. En el EN°2 se logró una mayor equidad entre tratamientos alcanzando en promedio 55 celdas con plantín tanto las mezclas con FDC como el testigo. A diferencia del EN°1 en la totalidad de los tratamientos se registró un aumento en el número de celdas con plantín al finalizar el ensayo (ver Fig. 5).

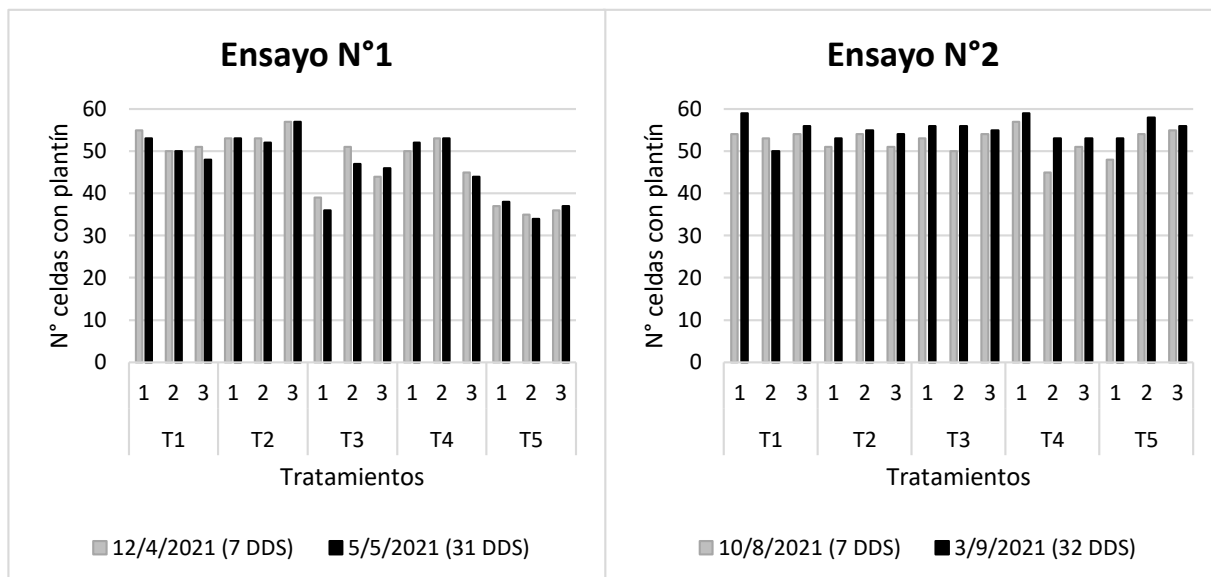


Figura 5: Número de celdas con plantín por ensayo, bloque y tratamiento. Las barras grises corresponden a 7 días después de siembra (DDS) y las barras negras a 31 DDS.

La ausencia de pérdidas marcadas de plantines en ambos ensayos manifiesta un control del fenómeno *dumping-off* provocado por hongos fitopatógenos a pesar de haberse presentado periodos con elevada humedad en el sustrato. Esto se atribuye a un correcto proceso de desinfección de contenedores y de la FDC producto del protocolo seguido para su elaboración donde se aplicaron elevadas temperaturas en las etapas de remojo inicial y posteriormente durante el secado.

En el EN°2, con el incremento del número de celdas con plantín al finalizar el ensayo se pudo afirmar el elevado PG que presentan las semillas al detectarse germinaciones posteriores a los 7 DDS, sin embargo, puede advertir posibles problemas de imbibición.

De acuerdo a la evaluación conjunta de los parámetros números de hojas, altura, AF, PF y PS de hoja fue posible evidenciar el crecimiento alcanzado por cada plantín. En este sentido en el EN°1 se obtuvo un crecimiento claramente mayor en la totalidad de los tratamientos en comparación al EN°2. En el EN°1 los tratamientos en FDC presentaron un crecimiento significativamente menor al obtenido por el testigo. Por su parte, los tratamientos T3 y T4 obtuvieron el mayor y menor crecimiento respectivamente. Los T1 y T2 fueron percibidos como una situación intermedia entre los extremos mencionados. En el EN°2 el tratamiento en FDC con un crecimiento significativamente mayor fue el T2 en relación al obtenido en T1, T3 y T4; sin embargo,

el testigo nuevamente fue el tratamiento con el mayor crecimiento entre los evaluados. (ver Fig. 6 y 7).

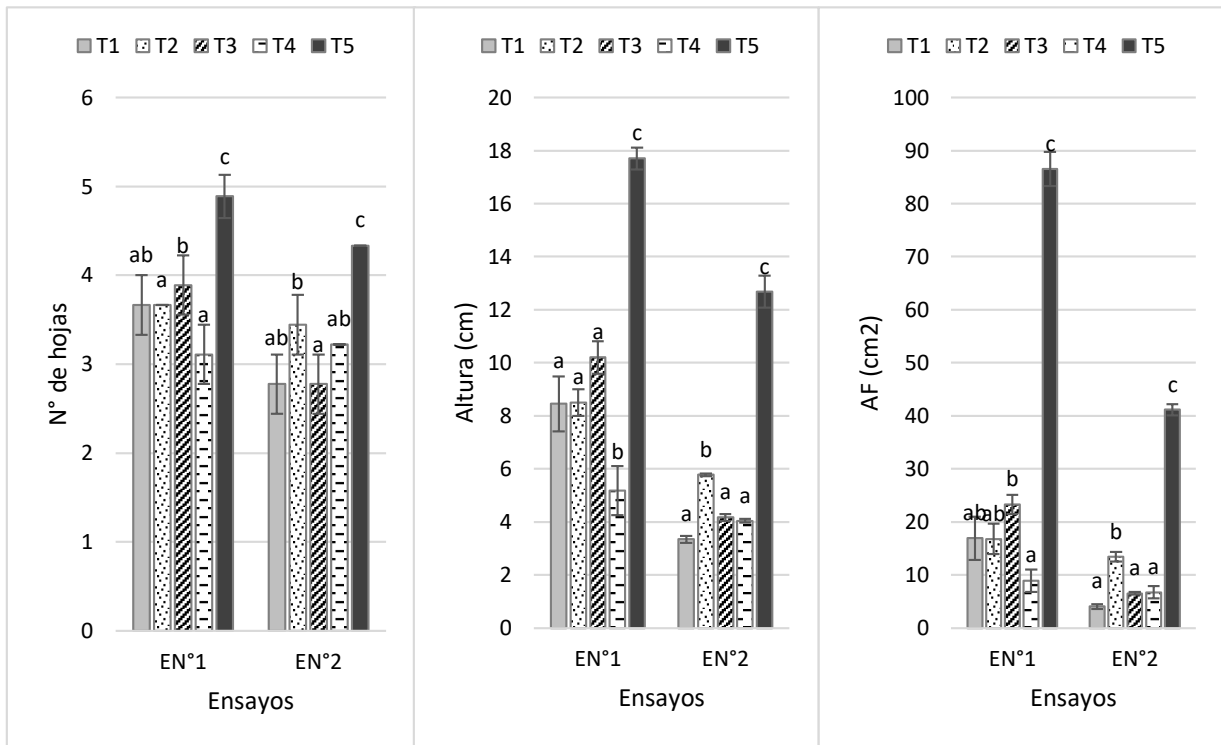


Figura 6: Número de hojas, altura, área foliar (AF) por plántula por ensayo y tratamiento. Los datos corresponden a la media obtenida y las barras de error corresponden al error estándar. Las diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas, ANOVA de una vía y test post-hoc de Tukey ($p < 0.05$).

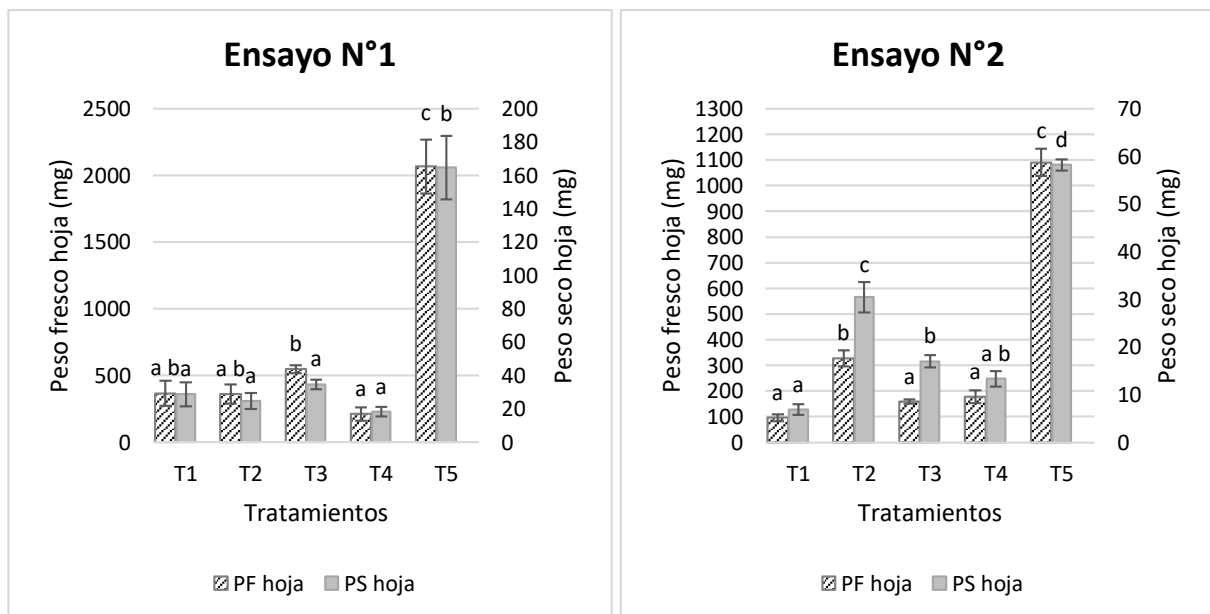


Figura 7: Peso fresco (PF) y seco (PS) del total de hojas por plántula por ensayo y tratamiento. Los datos corresponden a la media obtenida y las barras de error corresponden al error estándar. Las diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas, ANOVA de una vía y test post-hoc de Tukey ($p < 0.05$).

El mayor crecimiento encontrado en el EN°1 posiblemente se atribuye a las condiciones ambientales en el que se desarrollaron los plantines; los valores de temperatura media del mes de abril fueron de 16°C mientras que en el mes de agosto la temperatura media fue de 10°C (Servicio Meteorológico Nacional, 2021).

El bajo desempeño obtenido en las mezclas evaluadas en comparación al observado en el testigo da indicios de problemas de carácter físico-químico en el sustrato propuesto, supuesto que será corroborado a partir de los resultados de caracterización de sustratos obtenidos en el centro de investigación de recursos naturales del INTA Castelar junto a los parámetros evaluados en el INFIVE.

En cuanto a los valores de SPAD hallados en el EN°1, los más altos se obtuvieron en los tratamientos T2, T4 y T5 con valores promedios cercanos a 12, mientras que en el EN°2 los valores más altos se observaron en los tratamientos T2, T3 y T5 con un promedio de 16 en las dos primeras mezclas y de 18 en el testigo (ver Fig. 8).

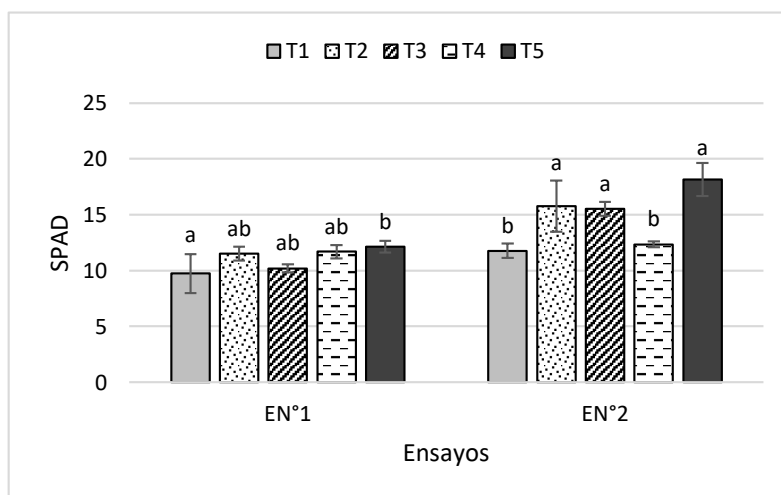


Figura 8: SPAD del total de hojas por plántula por ensayo y tratamiento. Los datos corresponden a la media obtenida y las barras de error corresponden al error estándar. Las diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas, ANOVA de una vía y test post-hoc de Tukey ($p < 0.05$).

Los valores de SPAD encontrados en la totalidad de los tratamientos resultan ser bajos a pesar de obtener una mejoría en el EN°2 con respecto al EN°1. Los datos obtenidos demuestran que el componente que mayor influencia tuvo en este parámetro fue el carácter físico de cada mezcla. Como fue mencionado anteriormente, el método de llenado de bandejas fue ajustado en el EN°2 dado que las características físicas de cada mezcla habían sido modificadas por ejercer presión en el sustrato una vez ubicado en el contenedor. Este pequeño cambio ha permitido un mayor desarrollo

radicular resultando en mayor exploración del sustrato y captación de nutrientes lo que permitiría explicar el incremento en los valores de SPAD percibidos. Por otro lado, es un parámetro directamente atribuible a la composición química del sustrato utilizado, es decir, si presenta en su composición una carga nutricional ya sea de origen orgánico como lo es el lombricompost o inorgánico por fertilización química incorporada a la mezcla. Sin embargo, este efecto no ha sido de importancia si se observan los valores de SPAD obtenidos en los tratamientos T4 y T5 en ambos ensayos.

En ambos ensayos la longitud de la raíz principal se ha mantenido en valores promedio de 8,5 cm en la totalidad de los tratamientos, sin diferencias significativas (ver Fig. 9).

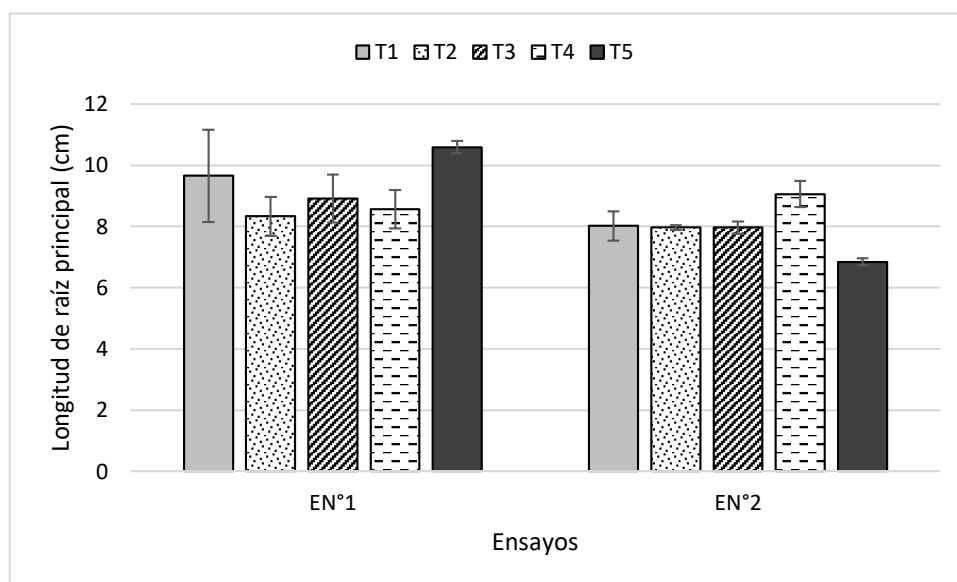


Figura 9: Longitud de raíz principal por plántula por ensayo y tratamiento. Los datos corresponden a la media obtenida y las barras de error corresponden al error estándar.

En el EN°1 los valores de PF y PS de raíz encontrados entre tratamientos con FDC no manifestaron diferencias significativas, pero es posible ver que los T3 y T4 fueron las plantines con mayor y menor crecimiento radicular respectivamente. Es importante aclarar que al finalizar el EN°1, el T4 presentaba proliferación de hongos en secciones del sustrato que afecto de forma visible a las raíces del plantín donde se pudo ver escaso desarrollo y zonas color café. En el EN°2 el T2 obtuvo valores significativamente mayores de PF y PS de raíz respecto al resto de los tratamientos con mezclas de FDC. En esta ocasión se observó proliferación de hongos en el T3. La proliferación de hongos en el T4 y T3, en el EN°1 y en el EN°2 respectivamente,

fueron provocados por la incorporación en las mezclas de un componente (lombricompost y/o perlita) no esterilizado previo a los ensayos (ver Fig. 10).

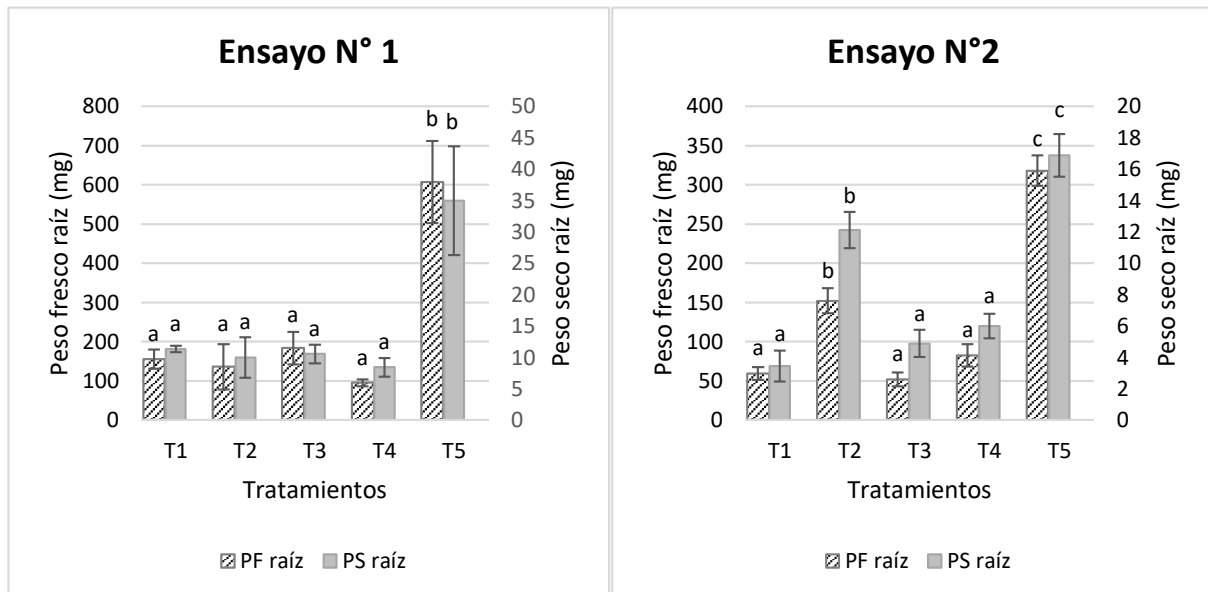


Figura 10: Peso fresco (PF) y seco (PS) de raíz por plántula por ensayo y tratamiento. Los datos corresponden a la media obtenida y las barras de error corresponden al error estándar. Las diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas, ANOVA de una vía y test post-hoc de Tukey ($p < 0.05$).

Los registros de PF y PS de raíz obtenidos junto a la ausencia de variación en la longitud de la raíz principal permiten afirmar que el desarrollo del sistema radicular fue mayor en unos tratamientos más que en otros. Hubo diferencias en la proliferación de raíces secundarias, es decir, en la densidad radicular alcanzada por cada plantín. Esto deriva en un crecimiento diferencial de plantines entre tratamientos. Nuevamente se observa en el EN°1 el mayor crecimiento obtenido en el T3, el bajo desempeño del T4 y el gran contraste con el testigo que triplica los valores obtenidos por las mezclas con FDC. Por su parte, en el EN°2 se destaca el T2 entre los tratamientos con FDC superado solo por el testigo.

En el EN°1 los mayores PF y PS de raíz se obtuvieron en el T3, mezcla que ante la compactación recibida al momento de llenado de bandejas de siembra logra mantener mayor aireación, por el efecto aireador brindado por la perlita, propiciando tanto el crecimiento radicular como aéreo. En el EN°2, cuando la compactación fue eliminada, las propiedades físicas de cada mezcla se expresaron destacándose ampliamente, entre las mezclas con FDC el T2. Se puede ver como era de esperarse, que existe una relación directa entre el crecimiento encontrado en raíz y biomasa aérea.

Puede destacarse que en el EN°1, al momento de dar por finalizado el ensayo, se había alcanzado el crecimiento máximo de plantín que nos permitía obtener el volumen de celda utilizado, a diferencia del EN°2 donde aún no habían alcanzado su máximo crecimiento. Sin embargo, en este último caso, a partir del seguimiento realizado sobre plantines dejados como testigos para evaluar su progreso una vez finalizado el ensayo, fue posible observar que las diferencias a favor del T2 en relación al resto de las mezclas con FDC se mantuvieron.

Con la categorización por altura de la población total de cada unidad experimental en el EN°2, se puede ver el mayor tamaño alcanzado por los plantines del T2 en comparación con el promedio registrado en los tratamientos T1, T3 y T4; por su parte el SC continúa encabezando los registros. Sin embargo, se destaca la gran variabilidad de tamaños obtenidos dentro de cada bandeja en todos los tratamientos incluyendo el testigo.

Análisis físico-químico de las mezclas evaluadas

La elección de un material para su uso como sustrato es condicionada principalmente por su disponibilidad, homogeneidad y costo.

Un buen sustrato debe presentar adecuadas propiedades físicas y químicas. Las principales propiedades físicas requeridas son: una baja densidad que permita el correcto anclaje de la planta así como su fácil manejo y transporte y, además, una correcta distribución de partículas ya que de esta propiedad dependerá la distribución del tamaño de poros y en consecuencia la relación aire:agua. En cuanto a las propiedades químicas se destacan el pH y la conductividad eléctrica (CE). Es recomendable que el sustrato posea un pH ligeramente ácido, para que los nutrientes se encuentren disponibles, y una baja conductividad eléctrica, para que no existan problemas de toxicidad por sales (Barbaro, 2011).

Con esta primera aproximación a las características físico-químicas de un sustrato a continuación se realizará la interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio de análisis de sustratos del Instituto de floricultura y en el laboratorio del INFIVE.

PH y Conductividad eléctrica

Los tratamientos que tenían como componente FDC obtuvieron un pH promedio de 8 contrastando con el sustrato comercial con pH de 6. Por su parte, el parámetro CE obtuvo un valor promedio de 0,32 en los tratamientos T1, T2 y T3 tanto en las mediciones realizadas en el INFIVE como por el INTA. En el T4 se encontró una conductividad del 0,53 dS/m en el INFIVE mientras que en las valoraciones efectuadas por el INTA se observó un valor mayor con 0,77 dS/m. El tratamiento testigo (SC) obtuvo un valor de 0,4 dS/m y 0,27 dS/m en el INFIVE e INTA respectivamente (ver Tabla 2 y resultados INTA en Anexo Tabla 1).

Tabla 2: valores de pH y conductividad eléctrica (CE) por tratamiento obtenidos en el INFIVE

Tratamiento	Identificación	Composición	%	% Humedad	pH	CE (dS/m)
T1	CP1V	Fibra de madera derivada del cartón procesado una vez	100	57,4	8	0,33
T2	CP2V	Fibra de madera derivada del cartón procesado dos vez	100	54,6	8,22	0,35
T3	CP2V + P	CP2V + perlita	90 - 10	45	8,44	0,27
T4	CP2V + L + P	CP2V + lombricompost + perlita	70 - 20 - 10	51,2	7,94	0,53
T5	SC	Sustrato Olmo Verde = turba rubia Klasmann Bigbale TS 876 + perlita	90 - 10	56	6,28	0,4

El pH del medio de cultivo controla las reacciones químicas que determinan si los nutrientes van a estar o no disponibles (solubles o insolubles) para su absorción. Por tal motivo, los problemas nutritivos más comunes ocurren en los cultivos cuando el pH se encuentra fuera del rango óptimo para ese cultivo (Barbaro et al., 2014). El pH observado en las mezclas con FDC resultaron ser elevadas para producción de plantines hortícolas. Según los datos obtenidos, el pH no registra cambios por la incorporación a la mezcla de lombricompostos o perlita ya que se trata de dos elementos que poseen un pH neutro lo que no aporta a la reducción del mismo (Tringosvska y Dintcheva, 2012; © Imerys, 2021).

Según Chong y Hamersma (1995) el cartón presenta un pH de 7,6 valor obtenido por extracto de pasta saturada, manifestando la tendencia básica que presenta el material. Las mezclas evaluadas en el presente trabajo obtuvieron un pH muy por encima del rango óptimo de 5,2 a 6,3 (Noguera et al., 2003; Tombion et al., 2016). En el caso del SC se pudo corroborar el pH ajustado detallado por el proveedor.

Aunque la mayoría de las plantas pueden sobrevivir con amplios márgenes de pH en el sustrato, su calidad varía si este se aleja de los valores óptimos por lo que es importante que el sustrato presente el pH adecuado. En este sentido, los plantines no obtuvieron un desarrollo óptimo en las mezclas formuladas con FDC; las mezclas podrían corregirse por medio de la incorporación de azufre micronizado (Barbaro et al., 2014), un producto muy soluble cuyo efecto estable se consigue a partir de los dos meses de ser aplicado, sin embargo, debe tenerse presente que su incorporación aumenta la CE (Karlarian, com. Pers., 2021).

La CE es la medida de la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica; estima la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato. Su valor será más alto cuanto más fácil se mueve la corriente a través del mismo. Esto significa que, a mayor CE mayor es la concentración de sales. Se recomienda que la CE de un sustrato sea baja, en lo posible menor a 1 dS/m en una relación de 1:5 v/v de sustrato y agua respectivamente. Una CE baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo. Por este motivo al formular un sustrato, se debe analizar la CE de los componentes para evaluar el porcentaje a utilizar en la mezcla sin elevar la CE final del sustrato formulado (Barbaro et al., 2014). Los valores de CE obtenidos tanto en las mezclas con FDC como en el testigo resultaron ser aceptables, mostrando un incremento al incorporar a la mezcla una fertilización inicial orgánica como se ve en el T4 por medio de la incorporación de un 20% de lombricompuesto, presentando un valor cercano al tolerado. De Grazia et al. (2006) citado en caracterización de sustratos por Tombion et al. (2016) considera que el lombricompuesto causa resultados satisfactorios sobre el crecimiento de las hortalizas, aunque sostiene que si este abono orgánico conforma sustratos nutricionalmente enriquecidos puede ser perjudicial debido a su alto contenido de sales solubles. La incorporación de cantidades crecientes de lombricompuestos en la formulación de sustratos, puede producir la elevación del nivel de conductividad eléctrica del medio de crecimiento fuera de los rangos aceptables para la especie.

Remitiendo al análisis químico realizado por Chong y Hamersma (1995) la CE esperada para el cartón es de 0,8 dS/m en extracto de pasta saturada, en este sentido sería posible pensar que el método de procesado ejercido sobre el material realiza un lavado de sales que puede llegar a contener en su composición. Sería interesante

evaluar el lixiviado obtenido durante el procesado y así determinar si efectivamente se presenta este fenómeno.

Carga nutricional

El contenido nutricional encontrado en las mezclas propuestas T1, T2 y T3 es considerado escaso mientras que se detectó un incremento en la totalidad de los elementos evaluados en el T4 y el testigo (ver Anexo).

El contenido nutricional de las mezclas evaluadas fue variable y está relacionado con el origen de cada material. Según Chong y Hamersma (1995), el contenido nutricional presente en el cartón evaluando el aporte de N, P, Ca, Mg y K es insignificante, característica comprobada al observar los resultados obtenidos en T1, T2 y T3. Los contenidos hallados en T4 y el testigo se explican por la incorporación en su composición de un fertilizante orgánico (el lombricompuesto) para el caso del T4 y por el aporte del proveedor de 1 kg de fertilizante/m³ al sustrato que fue establecido como testigo de los ensayos.

La riqueza nutricional aportada por el lombricompuesto a la mezcla T4 ha provocado un aumento de CE, lo que evidencia la carga nutricional incorporada.

En la elección de las materias primas no se considera prioritario el contenido nutricional por dos razones fundamentales: la primera es que es sencillo corregir cualquier deficiencia nutricional mediante ajustes en la fertilización. La segunda es la tendencia actual a utilizar sustratos nutricionalmente inertes, para de esta manera controlar todo el aporte nutritivo que recibe la planta (Guzmán, 2003 citado en Quesada y Méndez, 2005a).

Granulometría, porosidad, densidad real y aparente

Las fracciones granulométricas son una de las propiedades físicas fundamentales, teniendo gran influencia sobre las demás propiedades, especialmente en la porosidad (Raviv y Lieth, 2008; Barbaro et al., 2017). Las partículas mayores a 1 mm dan lugar a poros grandes aportando aireación y las menores a 1 mm conforman poros medianos a pequeños proporcionando retención de agua. El tamaño de las partículas afecta al crecimiento a través de los poros y ambos determinan el balance entre la capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de aireación (CA) del sustrato.

Las mezclas con FDC presentaron valores promedios de CA/CRA de 1,33 con los porcentajes más altos de partículas entre 1mm y mayores a 3,35mm. Por su parte, el testigo obtuvo una relación CA/CRA de 0,33 y fue el de mayor porcentaje de partículas menores a 1 mm (ver Anexo Tabla 1).

Como es de esperar y se mencionó inicialmente, las fracciones granulométricas encontradas en los sustratos evaluados guardaron relación con el porcentaje de CA y CRA, evidenciando tendencia a la disminución de la porosidad de aire CA y aumento de la porosidad de agua CRA, al decrecer el tamaño de partícula. Lo dicho se evidencia al comparar las mezclas con FDC y el testigo; en las mezclas con FDC con un elevado porcentaje de partículas entre 1 mm y mayores a 3,35 mm, la porosidad de aire fue de 53% promedio y la porosidad de agua de un 40%, mientras que el testigo presentó una porosidad de aire del 24% y una porosidad de agua del 72% caracterizándose por contener un elevado porcentaje de partículas menores a 1 mm.

A pesar de encontrar en las mezclas con FDC diferencia marcadas en cuanto al tamaño y proporción de partículas entre los rangos evaluados, no se encontró una relación proporcional directa con la variable porosidad total que obtuvo un valor promedio de 93%. Como lo indica Alarcón (2004) citado en Quesada y Méndez (2005a), la porosidad total por sí misma no es un indicador de buena o mala textura, estructura, aireación o retención de agua del sustrato. La naturaleza propia de cada materia prima es la que determina entonces los valores expresados. Es posible decir, que las pequeñas variaciones observadas en la porosidad total de cada mezcla producto de la incorporación de componentes como perlita y lombricompuesto, así como por las variantes granulométricas de FDC, no han afectado la calidad del sustrato en este sentido, dado que los valores registrados se encuentran por encima del valor óptimo de referencia, que debe ser superior al 85% (Restrepo et al., 2013; Tombion et al., 2016).

Según Abad et al. (2001) citado en Barbaro et al. (2017), el sustrato para un contenedor debe poseer un espacio poroso total superior a 85% y el rango aceptable como óptimo de CA debería estar entre 20-30% y de CRA entre 55-70%. Al comparar los resultados obtenidos en las mezclas con FDC con los rangos de referencia propuestos, el valor de CRA encontrado es inferior al de referencia con promedios de 40%, mientras que el valor de CA encontrado es superior al de referencia con

promedios de 53%. Solo el testigo obtuvo parámetros óptimos con una CRA de 72% y una CA del 24%.

Así mismo, la altura del contenedor tiene también un efecto sobre el contenido en aire del sustrato. A mayor profundidad de contenedor, mayor será el contenido en aire. Dado que la capilaridad es el principal parámetro que afecta el contenido de agua de un sustrato, un mismo sustrato va a absorber agua al mismo nivel sin importar la profundidad del contenedor. En un contenedor poco profundo, el porcentaje de sustrato que se va a saturar luego del riego es mayor que un contenedor profundo, donde la gravedad puede ayudar con el drenaje. Por tanto, la aireación disminuirá mientras menos profundo sea el contenedor por tanto se prefieren sustratos de texturas gruesas que mantengan una mejor aireación (Luna et al., 2012). En este sentido las mezclas de FDC por su elevado porcentaje de poros de aire serían propicias para contenedores de bajo volumen, es probable que esta característica además haya ayudado al desarrollo del plantín en las condiciones de conducción de los ensayos, específicamente hablando del tipo de riego proporcionado.

Sin embargo, en base a la disparidad de resultados obtenidos por diferentes autores se plantea que el rango adecuado de CA y CRA depende del sistema de cultivo, es decir, tipo de contenedor, especie, sistema de riego, ubicación (aire libre o invernáculo) entre otros, es decir, que los rangos instaurados como óptimos por Abad et al. (2001) citado en Barbaro et al. (2017) son orientativos.

Tombion et al. (2016) reportan que al comparar mezclas con proporciones crecientes de lombricompuesto, observan un aumento de la densidad aparente y una disminución de la porosidad total, datos coincidentes con los resultados obtenidos en esta investigación. Los mismos autores observan que sustratos con mayor cantidad de lombricompuesto en su composición aumentaba la porosidad de aireación. En este ensayo se observó que la incorporación de un 20% de lombricompuesto afectó levemente la porosidad de aire eliminando el efecto aireador que habría provocado la incorporación de perlita.

Para la variable densidad aparente (en base húmeda) los valores registrados en la totalidad de los tratamientos se ubican por debajo del límite superior óptimo (400 kg m^{-3}) (Abad et al., 2001 citado en Barbaro et al., 2017). Por lo tanto, estos sustratos

pueden considerarse livianos. Esta condición resulta beneficiosa ya que permite un manejo menos dificultoso en lo que respecta al transporte, relleno de contenedores y traslado.

El contenido de materia orgánica decreció con la incorporación de lombricomposto coincidiendo con lo visto por Tombion et al. (2016) y Restrepo et al. (2013). Este fenómeno se debe a que el lombricomposto es un material mineralizado, no posee materia orgánica se ha humificado en cierto grado.

Relación carbono-nitrógeno (C/N)

Las mezclas T2 y T3 presentan una baja proporción de nitrógeno 14,9 y 13,5 respectivamente, mostrando el T1 y T4 valores superiores entre las mezclas a base de FDC con 21,9 y 28,2 respectivamente, obteniendo el testigo el valor más alto entre los sustratos evaluados. El bajo valor obtenido podría estar relacionado a la elevada relación C/N que tiene la fibra de cartón que provocaría la inmovilización del nitrógeno por microorganismos presentes en el sustrato. Según Domeño et al. (2009) y Arenas et al. (2002) este es un problema visible en sustratos de fibra de madera o fibra de coco cuando la mezcla contiene más del 50% de dicho material. La fibra de madera por su origen lignocelulósico puede tener relaciones desde 200 hasta 500 C/N. Observando el tamaño de partícula en cada tratamiento con FDC, el T1 presenta un 60% de partículas mayores a 3,35 mm contrastándolo con las mezclas T2 y T3 con mayor porcentaje de partículas de menor granulometría. Esto permite pensar que el menor valor de N encontrado en T2 y T3 se debe a la mayor superficie expuesta a la acción de microorganismos, a diferencia del T1 donde el material es granulado y no con una estructura lanosa como presentan los anteriores. En el T4 aumenta por la incorporación de lombricomposto, sin embargo, el valor no se eleva de forma considerable.

A partir de observaciones aportadas por el INTA durante el análisis físico-químico de las mezclas, el material compuesto por FDC adquiere temperatura con facilidad. Esto podría ser un inconveniente. Guevara (1999) citado por Quesada y Méndez (2005b) menciona que conforme se incrementa la temperatura ocurre también un aumento en la intensidad de las reacciones metabólicas de la semilla, por lo que el consumo de oxígeno en el embrión es mayor; esto aunado a que al elevarse la temperatura del

medio se disminuye el oxígeno disponible en la solución y se dificulta aún más el intercambio gaseoso requerido por la misma. Para disminuir el efecto de las altas temperaturas con este tipo de sustratos, el manejo del riego es crítico en los almácigos; ante tales temperaturas la demanda hídrica es muy alta, máxime conforme la plántula va aumentando su biomasa. Por lo dicho es posible pensar que el riego utilizado en este ensayo permitió amortiguar los daños que pudieron haber producido las altas temperaturas.

CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

Se obtuvo un porcentaje de germinación del 90% con un crecimiento adecuado del plantín hasta alcanzar la 3-4 hoja lo que permitió corroborar que el material propuesto presenta un alto potencial para su uso como componente de formulación de sustratos hortícolas, pudiendo llegar a ser un sustituto de la turba, ya sea para ser utilizado de forma pura o en mezcla.

Al contrastar los resultados obtenidos en el análisis físico-químico de caracterización de la FDC con la evaluación a campo del material puede concluirse que: en función a los parámetros químicos evaluados el pH resultó un factor determinante; si bien no ha impedido la germinación y crecimiento del plantín creemos que limitó considerablemente su desarrollo obteniendo un gran contraste entre los crecidos en mezclas con FDC y el sustrato comercial con pH ajustado. El bajo valor de CE evito la pérdida de plantines por fitotoxicidad durante los ensayos. Por su parte el escaso contenido nutricional fue corregido por medio del fertirriego proporcionado a cada tratamiento aplicado una vez observada la expansión de cotiledones. El bajo contenido de N disponible en las mezclas fue percibido por medio de lecturas de SPAD; ante la incorporación de N, ya sea por medio de fertilización orgánica con la incorporación de lombricompost o por fertirriego, no se generó un gran impacto en los resultados obtenidos, posiblemente afectado por el proceso de inmovilización de N producido en materiales con una relación C/N tan elevada como puede presentar un derivado de fibra de madera. Con respecto a las propiedades físicas halladas en el análisis realizado, se estima que fueron las exploradas por los plantines en el EN°2 ya que, como se mencionó anteriormente, en el EN°1 se detectó un proceso de compactación durante el llenado de las bandejas que fue evitado en el EN°2, por lo que es probable que las características físicas del sustrato en el EN°1, hayan sido

diferentes a las descritas en la caracterización física del sustrato. Podemos decir que esta acción impactó directamente en el porcentaje tanto de porosidad de aire como de agua y en consecuencia en la porosidad total y densidad aparente.

Al realizar la comparación estadística de los registros de crecimiento de plantines percibidos en ambos ensayos se destacan los presentes en el EN°1 en la totalidad de los tratamientos en relación al EN°2. Este crecimiento diferencial se prevé estuvo influenciado por las condiciones ambientales (temperatura y horas de luz) propias de la época de siembra en que se desarrolló cada ensayo. Por otro lado, al evaluar el desempeño de cada mezcla se observó diferencias estadísticamente significativas entre las mezclas de FDC y el testigo. En términos relativos en el EN°1 el crecimiento observado en los plantines producidos en sustrato de FDC representaron un 15-20% del percibido en el testigo. En esta ocasión la compactación generada en el sustrato previa a la siembra no solo afectó la implantación por impedancias mecánicas, sino que impactó directamente en la relación CA/CRA, colapsando los poros de mayor tamaño y consecuentemente afectando la aireación del sistema. Cuando la compactación fue eliminada en el EN°2 se observó que el desempeño del T2 obtuvo una significativa mejora, alcanzando un valor de 50% del crecimiento percibido en el testigo. Por su parte, los tratamientos T3 y T4 manifestaron una leve mejora, obteniendo un 25-30% del crecimiento percibido en el testigo, mientras que el T1 solo obtuvo un 10% del crecimiento percibido en el testigo reduciendo su desempeño. Lo dicho permite concluir que la única mezcla que obtuvo una mejora considerable al realizar la descompactación durante el llenado de las bandejas fue el T2, expresando las mejores propiedades físicas con la que cuenta dicho sustrato en relación al resto de las mezclas formuladas con FDC.

En función de los ensayos realizados se recomienda para futuras investigaciones: realizar ajustes de pH para reducir la tendencia básica del material, prever un plan de fertirriego que permita sobrellevar el efecto de inmovilización de N utilizando riego por aspersión, evaluar su desempeño variando el volumen de contenedor; comprobar su potencial productivo ampliando la gama de especies hortícolas y continuar la evaluación de mezcla con diversos componentes orgánicos e inorgánicos para lograr un sustrato con estándar comercial.

ANEXO

Figura 1. Esquema de la metodología del procesado del cartón



Descripción de herramientas

Mezclador de pintura: de 8,5 x 40 cm Stanley adaptable a taladro de 8 mm (3/8”), disponible comercialmente. (ver Fig. 2)



Figura 2: mezclador de pintura

Desfibrador: varilla roscada de 1,25 cm de diámetro y 46 cm de largo provista en uno de sus extremos con un elemento abrasivo constituido por un cepillo trenzado circular de 11,5 cm de diámetro de alambre de acero con rosca M14 para amoladora, disponible comercialmente, sujeto por medio de una tuerca; construido para el ensayo (ver Fig. 3).

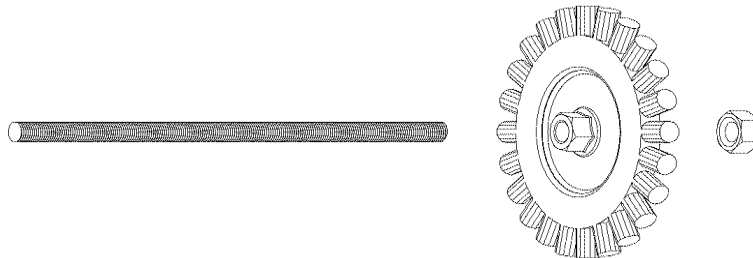


Figura 3: desfibrador

Peine de siembra: en un trozo de madera de 17 cm de largo se realizaron perforaciones consecutivas con una broca de 9,5 mm a una distancia de 2,2 cm. En los orificios fueron introducidos tarugos de madera de 1 cm de diámetro con puntas torneadas con forma cónica. Se le aplicó una capa de pintura sintética para reducir la adherencia de sustrato al accesorio (ver Fig. 4).

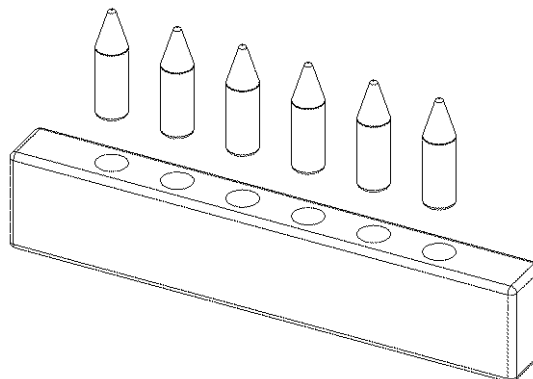



Figura 4: peine de siembra

Protocolo seguido para la determinación de pH y CE (1:5 v/v) en el INFIVE

- Tomar un recipiente con tapa a rosca de unos 250 ml aproximadamente. En el mismo se marcan dos volúmenes: uno a 150 ml que corresponde a 5 partes de agua (cada parte es de 30 ml) y otro a 180 ml que corresponde a una parte de sustrato.
- Al momento del análisis el sustrato debe contener un 50% de humedad. Se recomienda hacer por cada tratamiento 3 repeticiones; pasar la muestra de sustrato por un tamiz de 1 cm por 1 cm para eliminar cualquier partícula de gran tamaño.
- Agregar agua destilada hasta la marca de 150 ml.
- Agregar sustrato paulatinamente con la ayuda de una cuchara e ir mezclando hasta alcanzar la marca de 180 ml.
- Tapar y agitar por 2 min.
- Dejar reposar 20 min.
- Medir pH y CE.

Tabla 1: Resultados del análisis físico-químico realizado por el CIRN – Instituto de Floricultura de los cinco sustratos estudiados.
Referencias: 1. CP1V; 2. CP2V; 3. CP2V + P; 4. CP2V + L + P; 5. SC.

		INTA					REG 06 ASA			
		CENTRO DE INVESTIGACIONES EN RECURSOS NATURALES INSTITUTO DE FLORICULTURA Laboratorio de análisis de sustratos y calidad de aguas de riego					PASA Version: 1 Fecha: 04-01-2021 Página 1 de 1			
Informe de Análisis de SUSTRATOS										
Fecha análisis:	25/10/2021					Forma de Entrega:	e-mail			
Nombre:	Anahí Glassman					Entregó:	Karlania, Monica			
Análisis de:	sustrato de cultivo					Código de muestra:	211009			
Nombre de la muestra:		1	2	3	4	5				
pH		8,7	8,5	8,2	8,4	6,0				
Conductividad Eléctrica	dS.m ⁻¹	0,31	0,32	0,32	0,77	0,27				
Nitratos	mg.l ⁻¹ de muestra	21,9	14,9	13,5	28,2	30,4				
Fosforo	mg.l ⁻¹ de muestra	0,3	0,4	0,2	7,1	31,2				
Calcio	mg.l ⁻¹ de muestra	15,3	3,1	7,6	19,5	22,3				
Magnesio	mg.l ⁻¹ de muestra	2,8	1,6	2,1	11,0	4,8				
Potasio	mg.l ⁻¹ de muestra	6,5	5,6	4,0	271,4	101,2				
Sodio	mg.l ⁻¹ de muestra	127,9	102,6	81,8	114,4	52,3				
Densidad base húmeda	kg.m ⁻³	338	224	176	334	323				
Densidad base seca	kg.m ⁻³	144	97	98	178	87				
Humedad	% m/m	57	57	44	47	73				
Materia Orgánica	% m/m	92	96	90	65	88				
Porosidad de Aire	% v/v	54	51	57	52	24				
Porosidad de Agua	% v/v	38	42	39	41	72				
Porosidad Total	% v/v	91	92	95	93	96				
Granulometría o Tamaño de Partículas	% m/m	> 3.35 mm.	57	43	26	24	1			
		3.35 - 1.0 mm.	42	47	61	47	41			
		< 1.0 mm.	1	10	13	29	58			
Instituto de Floricultura INTA - Tel. 00-54-11- 3754 - 8400/8444 Int: 8238 o 8243 - De los Reseros y N. Repetto. s/n° - Hurlingham (1686) - Pcia. Bs. As. rubio.esteban@inta.gob.ar , karlanian.monica@inta.gob.ar										
Nota: El propietario de las muestras acepta los métodos de ensayo del Laboratorio de Análisis de Sustratos y Aguas del Instituto de Floricultura. Los resultados de análisis se remiten a las muestras recibidas. Los procedimientos de análisis de pH y CE se encuentran en proceso de implementación para la certificación de las normas ISO 9001:2000. Los datos químicos están medidos sobre una relación (1:5 v/v) y la Concentración de elementos en mg/litro de sustrato con un contenido de H ₂ O del 50% para muestras sin suelo y 30% para muestras con contenido de suelo. Porosidades: (<10 cm de columna de agua). Densidad Real, método a partir del contenido de materia Orgánica.										
Elaboró Referente Técnico			Revisó Referente Técnico			Aprobó Referente de Calidad				

BIBLIOGRAFIA

© **Imerys**. 2021. Perlome ® perlita agrícola. Propiedades. Disponible en: <http://www.perfiltra.com/products/index/perlome-agricultural-perlite-1630081318>

© **PittMoss**. 2021. Mezclas para macetas sin turba para plantas de interior y exterior. Disponible en: <https://pittmoss.com/>

© **Valimex** y © **Klasmann-Deilmann**. 2015. Turbas y sustratos profesionales. Catalogo. Disponible en: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/174318/Catalogo-Valimex-Profesional.pdf

Aalok, A., A.K. Tripathi y P. Soni. 2008. Vermicomposting: A better option for organic solid waste management. Journal of Human Ecology 24(1):59-64.

Area, M. C. 2019. Fibras, estructura y topografía química. Jornada celulósica papeleras. Instituto de materiales de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones – CONICET. Disponible en: <http://www.afcparg.org.ar/jcp2019/Sala%202/AFCP%20-%20MCA%20-%20nanocelulosa.pdf>

Arenas, M., C. S. Vavrina, J. A. Conell, E. A. Hanlon y G. J. Hochmuth. 2002. Coir as an alternative to peat in media for tomato transplant production. Hortscience. 37 (2). pp. 309-312.

Argüello, J.A., L. Seisedos, M.C. Díaz Goldfarb, E.A. Fabio, S.B. Núñez y A. Ledesma. 2013. Modificaciones anatomofisiológicas inducidas por residuos sólidos agrícolas (vermicompuesto) en plantines de lechuga (*Lactuca sativa* L.). PHYTON Revista Internacional de Botánica Experimental 82:289-295.

Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel. 2016. Sobre la fabricación de papel. Producción de celulosa y papel en Argentina. Disponible en: <http://proyungas.org.ar/wp-content/uploads/2017/03/brochure-afcp-sobre-la-fabricacion-de-papel-1.pdf>

Barbaro, L., M. Karlanian y D. Mata. 2014. Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. Instituto de Floricultura (CIRN). INTA Castelar.

Barbaro, L., M. Karlanian y M. Papone. 2017. Sustratos: Relación de poros con aire y agua adecuada para producir plantas florales en contenedor N°10. Ciencia del Suelo. Argentina. 35(2):205-213.

Barbaro, L.A. 2011. Desarrollo de sustratos sin suelo para cultivo en maceta de plantas florales. Maestría en cultivos intensivos. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral, Esperanza, Argentina.

- Bracho, J., F. Pierre y A. Quiroz.** 2008. Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el estado de Lara, Venezuela. *Bioagro*, vol 21, num. 2, mayo-agosto, 2009, pp. 117-124.
- Burés, S.** 2001. Manejo de sustratos. I Curso de gestión de viveros forestales. Barcelona. pp. 41-51.
- Chong, C. y B. Hamersma.** 1995. Growing plants with recycle cardboard. *BioCycle*. pp:86-87
- Chong, C.** 1999. Experiences with the utilization of wastes in nursery potting mixes and as field soil amendments. *Canadian Journal of Plant Scienc.* 79: 139–148.
- De Grazia, J., P.A. Tiftonell y A. Chiesa.** 2006. Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento del pimiento (*Capsicum annun*). *Ciencia e Investigación Agraria* 34(3):195-204.
- Domeño, I., I. Irigoyen, S. Sádaba, J. del Castillo y J. Muro.** 2009. La fibra de madera, un nuevo sustrato para cultivos hidropónicos. *Horticultura Global. Fertirrigación e Hidroponía.* 286-diciembre.
- Fernández Pérez, M.** 2010. Evaluación de sustratos de fibra de madera de pino frente a sustratos convencionales en cultivo hidropónico de tomate. Tesis. Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España.
- García, M.** 2016. Surgimiento, dinámica y rol de las plantineras en el aglomerado hortícola de La Plata. *Estudios socioterritoriales. Revista de geografía.* N°20 julio-diciembre. Pp 87-102.
- García, M. y C. Kebat.** 2008. Transformaciones en la horticultura platense. Una mirada a través de los censos. *Realidad Económica*, (237), pp:110-134.
- Hartmann, H.T. y D.E. Kester.** 1997a. Estructuras y medios de propagación, fertilización, practicas sanitarias y recipientes. En: *Propagación de plantas. Principios y prácticas.* Compañía editorial continental, S.A de C.V. México. pp 44.
- Hartmann, H.T. y D.E. Kester.** 1997b. Técnicas para la propagación por semillas. En: *Propagación de plantas. Principios y prácticas.* Compañía editorial continental, S.A de C.V. México. pp 183.
- Luna, T., T.D. Landis y R.K. Dumroese.** 2012. Contenedores: Aspectos técnicos, biológicos y económicos. En: *Contardi, L.; Gonda, H., coord. Producción de plantas en viveros forestales.* Buenos Aires: Consejo Federal de Inversiones; Comodoro Rivadavia: Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco UNPSJB; Comodoro Rivadavia: Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico, Argentina. pp. 78-85.

Manual de elaboración del cartón ondulado. 2007 Colección formación profesional para el sector del cartón ondulado. Volumen 1.

Miserendino, E. 2018. Innovación: producen plantines hortícolas con sustrato de lana de oveja. Proyecto de la agencia de extensión. INTA Ezquel, Chubut. Informe técnico, 22 de octubre.

Noguera, P., M. Abad, R. Puchades, A. Maqueira y V. Noguera. 2003. Influence of particle size on physical and chemical properties of coconut coir dust as container medium. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34:593–605.

Ortega Martínez L.D., J. Sánchez Olarte, R. Díaz Ruiz y J. Ocampo Mendo. 2010. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* MILL). *Ra Ximhai* 6(3): 365-372.

Quesada, G. y C. Méndez. 2005a. Análisis fisicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas. *Revista de agricultura tropical.* 35:01-13.

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

Raviv, M. y J.H. Lieth. 2008. *Soilless culture: theory and practice.* Ed. Elseiver. 587 pp

Restrepo, A.P., E. Medina, A. Pérez-Espinosa, E. Agulló, M.A. Bustamante, C. Mininni, et al. 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.

Servicio Meteorológico Nacional. 2021. Monitoreo diario y mensual. Temperatura media de La Plata. Disponible en: <https://www.smn.gob.ar/clima/vigilancia>

Tombion, L., A.V. Puerta, L.A. Barbaro, M.A. Karlanian, M.A. Sangiacomo y M. Garbi. 2016. Características del sustrato y calidad de plantines de lechuga (*Lactuca sativa* L.) según dosis de lombricompost. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Science, ex Agro-Ciencia.* 32(2): 110-116.

Tringosvska, I. y T. Dintcheva. 2012. Vermicompost as substrate amendment for tomato transplant production. *Sustainable Agriculture Research* 1(2):115-122.

Ultimo acceso: diciembre 2021

Viteri, M. L., G. Ghezán y D. Iglesias. (2013). *Tomate y Lechuga: Producción, comercialización y consumo en la Argentina.* INTA.

Waisman, M.A. 2011. Superando dualismos: trayectorias socio-productivas en el abordaje de las transformaciones en la estructura social hortícola platense. *Mundo Agrario*, 12 (23). ISSN 1515-59

