

AUTORA: CIRA

UTILIZACIÓN DE LA LANA DE OVEJA COMO SUSTRATO EN SEMILLEROS DE HORTÍCOLAS

LA LAGUNA, NOVIEMBRE, 2021



ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. OBJETIVOS	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS	4
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
5. CONCLUSIONES	14
6. BIBLIOGRAFÍA	15

RESUMEN

En los últimos años se ha experimentado una disminución del uso de la lana como fibra, por la competencia de otras, tanto sintéticas como naturales. La lana es una fibra natural sostenible y biodegradable y tanto por su composición y propiedades como por la materia orgánica adherida que contiene se plantea como un material idóneo para su adición al suelo en sustitución de fracciones orgánicas como por ejemplo la turba, suponiendo además el aprovechamiento de un recurso que actualmente se está tratando como residuo. En este trabajo se pretende valorar la lana como sustituto de la fracción orgánica del sustrato en semilleros de hortalizas, para ello se analizó el crecimiento de las plantas en dos variedades hortalizas, en función de los distintos tratamientos y porcentajes de lana en el semillero. Los mayores datos de crecimiento se observaron en las plantas sembradas en sustratos con 50% de lana, ya fuera cardada o picada, o en sustrato 1:1:1 sin lana añadida. Se observó un amarilleamiento de las plantas en los semilleros sin lana añadida, lo que sugiere un posible aporte de nutrientes por parte de la lana. El tratamiento de la lana que mejores datos aportó fue el de picado. El uso de lana como sustrato exclusivo produce escasa germinación y crecimiento lento de las plantas así que como pudriciones y mal estado general a simple vista. No se desarrollaron hongos micorrícicos probablemente debido al corto tiempo en vivero.

ABSTRACT

In recent years there has been a decline in the use of wool as a fibre, due to competition from other fibres, both synthetic and natural. Wool is a sustainable and biodegradable natural fibre and due to its composition and properties, as well as the organic matter it contains, it is an ideal material to be added to the soil as a substitute for organic fractions such as peat, thus making the most of a resource that is currently being treated as waste. The aim of this work is to evaluate wool as a substitute for the organic fraction of the substrate in vegetable seedbeds. To this end, plant growth was analysed in two vegetable varieties, depending on the different treatments and percentages of wool in the seedbed. The highest growth data were observed in plants seeded in substrates with 50% wool, either carded or chopped, or in 1:1:1 substrate without added wool. Yellowing of plants was observed in seedlings without added wool, suggesting a possible nutrient supply from the wool. The wool treatment that provided the best data was the chopping treatment. The use of wool as the sole substrate results in poor germination and slow plant growth as well as rotting and general poor condition to the naked eye. No mycorrhizal fungi developed, probably due to the short time in the seedbed.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha experimentado una disminución del uso de la lana como fibra, por la competencia de otras, tanto sintéticas como naturales. La lana ha pasado a un segundo plano en la industria textil a pesar de sus muchas cualidades positivas, debido en parte a desinformación de los consumidores, desinterés de la industria y márgenes abusivos en los precios finales. En nuestro país esto ha acarreado el cierre de empresas transformadoras tradicionales, la disminución de las cabezas de ganado y por tanto la consideración de la lana como subproducto.

La lana es una fibra natural sostenible y biodegradable, que por su estructura compleja tiene otras capacidades como son la absorción de humedad, o de carbono atmosférico, así como el aislamiento térmico y acústico. Aunque históricamente se ha aplicado fundamentalmente en el sector textil, es de utilidad también en aviación, arquitectura o medicina. A pesar de sus múltiples aplicaciones la lana está pasando de ser un producto significativo a uno secundario, entre otras cosas por el precio pagado al productor que ha hecho que los ganaderos y ganaderas pierdan interés en mantener su producción.

Actualmente el objetivo principal de la producción ovina en nuestro país es la producción de leche o carne y la lana y su gestión se consideran costes asociados a estos otros productos. Según Bilbao (2018) el precio medio de esquila por oveja se encuentra entre 1 y 4€, mientras que el precio recibido por kilogramo de lana es de 0,60€, teniendo en cuenta que una oveja puede producir de 2 a 3 kg de lana por esquila se hace evidente la baja rentabilidad actual de la lana. Si a esto sumamos esta fibra ha sido desplazada en la industria textil por otras fibras artificiales parece lógico que acabe tratándose como residuo y no como recurso con el coste añadido de su tratamiento específico al ser un residuo animal. Teniendo en cuenta que la lana es una producción obligada en la explotación ovina, es necesario adoptar medidas para obtener el máximo beneficio económico.

La lana está compuesta mayormente por una proteína animal llamada queratina, la misma que en otras condiciones permite la formación de las uñas, pezuñas, plumas, pelo y cuernos en los animales y en el ser humano. La queratina es una macromolécula insoluble muy resistente compuesta por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre y que es segregada por células epidérmicas del animal, por lo general está recubierta de sustancias cerosas y lipídicas como la lanolina.

Además, la lana contiene impurezas producidas por el propio animal como grasas, sudor, orina o heces e impurezas recogidas del entorno como restos vegetales o tierra, así como numerosos microorganismos.

Tanto por su composición y propiedades como por la materia orgánica adherida que contiene se plantea como un material idóneo para su adición al suelo en sustitución de fracciones orgánicas como por ejemplo la turba, suponiendo además el aprovechamiento de un recurso que actualmente se está tratando como residuo, con el coste que conlleva para el sector ganadero.

LOS HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS ARBUSCULARES

En 1885 Albert B. Frank, botánico y patólogo alemán describió por primera vez la estructura y el funcionamiento de una asociación entre las raíces de un árbol y una especie de hongo del suelo (Frank y Trappe, 2005).

Hoy sabemos que la mayoría de las especies vegetales que cubren la tierra, viven asociadas a ciertos hongos del suelo, pertenecientes al phylum Glomeromycota, con los que establecen una simbiosis mutualística denominada “micorriza” (Smith y Read, 1997).

La importancia de esta asociación mutualista radica en el hecho de que el micelio del hongo infecta la corteza radical a modo de endófito y proyecta sus hifas tanto al interior como al exterior de la raíz, lo que se traduce en un aumento de la absorción de nutrientes minerales por parte de la raíz, jugando un papel elemental en la translocación de iones fosfato hacia la planta. Este hecho convierte en esencial la actividad micorrícica, sobre todo en aquellos suelos con niveles bajos en fósforo asimilable. Al mismo tiempo, el hongo obtiene compuestos carbonatados procedentes de la fotosíntesis de la planta hospedadora (Harley y Smith, 1983; Azcón- Aguilar y Barea, 1995) y lo resguarda de fenómenos antagónicos microbianos de la rizosfera (rev. Barea et al., 2005).

Las plantas dependen en mayor y menor medida del establecimiento de la simbiosis, para su correcto desarrollo. Esta dependencia, denominada grado de micotrofia, es especialmente relevante en la mayoría de las plantas y árboles de interés agrícola y comercial.

Esta simbiosis es prácticamente universal y no solo porque se estime que más del 90% de las especies vegetales conocidas son susceptibles de formar micorrizas (Smith y Read, 1997), sino porque además se conoce su existencia en la mayoría de los hábitats naturales, siendo la “infección fúngica” más extendida del planeta.

Los hongos micorrícicos se mantienen en el suelo bien en forma de esporas, redes de micelio, en el interior de raíces activas o en fragmentos de raíces colonizadas. Cualquiera de estas estructuras es capaz de reproducir el hongo y se conocen como propágulos. Para que se inicie la simbiosis es necesario que una hifa del hongo parta de un propágulo y establezca un diálogo con la planta hospedadora que inhibe sus mecanismos de defensa y le facilita al hongo la entrada. A partir del contacto de la hifa con la superficie de la raíz, el hongo se diferencia formando un “apresorio” que entra en la raíz y se desarrolla en su interior. Una vez dentro, coloniza inter e intracelularmente la corteza radical, dividiéndose en el interior de la célula de manera dicotómica y formando una estructura arborescente (arbúsculo) de paredes muy finas, donde se produce el intercambio de nutrientes y señales entre la planta y el hongo (Jaizme-Vega, 2019).

Tras colonizar la raíz, las hifas se desarrollan hacia el exterior formando en torno a la raíz un micelio tridimensional muy ramificado que alcanza en el suelo mayores distancias que los pelos radicales y que incrementa considerablemente la capacidad de absorción de la planta (un centímetro de raíz puede sustentar 1 m de hifas externas).

Este micelio tiene la capacidad de absorber nutrientes más allá de la zona de depresión en fósforo que rodea la raíz, reduciendo la distancia entre la planta y dicho nutriente, Esta habilidad de las hifas es la principal razón que justifica el beneficio de esta simbiosis en suelos deficientes en fósforo. Además de este macronutriente la simbiosis micorrícica aporta a la planta amonio, nitrato, cobre, cinc y otros microelementos y facilitan la captación de agua por la planta.

Una vez iniciada la infección, tras unas semanas el hongo puede producir esporas, proceso que se ve favorecido por el estrés hídrico. Cuando se consolida la colonización, ambos organismos (planta y hongo), inician su vida en común funcionando de manera simbiótica y modulados por las condiciones ambientales (Jaizme-Vega, 2019).

Desde el punto de vista agrícola, casi todos los cultivos tienen un hábito micotrófico considerable, es decir que son capaces de beneficiarse de la simbiosis micorrícica. Se puede esperar, por lo tanto, mejorar su desarrollo y su salud si existieran en los sistemas de producción hongos MA, funcionalmente compatibles y disponibles para colonizar el sistema radical de las plantas.

Cuando las primeras fases de desarrollo de los cultivos se realizan en condiciones de vivero, es factible inocular durante la siembra, el estaquillado o el esquejado, garantizando así que la plántula se beneficie de la micorrización desde los primeros momentos y que posteriormente pueda seguir desarrollando la simbiosis durante la fase de campo.

Las ventajas del uso de micorrizas no se limitan al ámbito de la producción vegetal, sino que deben tenerse en cuenta los beneficios ambientales que pueden generar, tales como el control de erosión o la regeneración de la cobertura vegetal en suelos degradados (Jaizme-Vega, 2019).

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es la puesta en valor de un residuo ganadero como es la lana de oveja para su aprovechamiento como sustrato de semillero de plantas hortícolas, planteándolo, así como un recurso que sustituya a la fracción orgánica de los sustratos convencionales de cultivo.

Como objetivo inicial se planteó también conocer la influencia de los hongos formadores de micorrizas arbusculares en el crecimiento de las plantas en el semillero, pero no dichos hongos no llegaron a desarrollarse.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL VEGETAL DE PARTIDA

Se utilizaron semillas de calabaza de la variedad “cacahuete” y semillas de tomate de la variedad “manzano negro”.

MICROORGANISMOS RIZOFÉRICOS

Se utilizó inóculo bruto (suelo rizosférico, raicillas y esporas) del aislado local del hongo MA *Glomus mosseae* registrado en el Banco Europeo de Glomales con el número BEG234. La inoculación se realizó en el momento de la siembra, inmediatamente por debajo de la semilla, a razón de 20 cc de inóculo y una riqueza del 72%.

CONTENEDORES Y SUSTRATOS

Para la realización de los semilleros se utilizaron bandejas multipot de 3x5 y una capacidad total de 2975 cc

Se realizaron en total 20 semilleros de los cuales 10 se sembraron de calabaza variedad ‘cacahuete’ y 10 de tomate variedad ‘manzano negro’.

CONDICIONES DE CULTIVO Y DURACIÓN DE LOS ENSAYOS

La fase de vivero tuvo una duración de 1 mes. Las plantas permanecieron en cama caliente y se les proporcionaron aproximadamente tres riegos semanales dependiendo de las condiciones climáticas.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se dividieron los tratamientos en dos grupos:

1. Ausencia de microorganismos rizosféricos (Control).
2. Presencia de microorganismos rizosféricos (MA)

Para cada cultivo se realizaron 10 semilleros que fueron dispuestos de la siguiente manera:

- Lana cardada 100% (x2) (Control y MA)
- Lana cardada (50%) + sustrato 1:1:1 (50%) (x2) (Control y MA)
- Lana picada 100% (x2) (Control y MA)
- Lana picada (50%) + sustrato 1:1:1 (50%) (x2) (Control y MA)
- Sustrato 1:1:1 (x2) (Control y MA)

El sustrato 1:1:1 está compuesto por suelo natural con bajo contenido en P (Olsen), picón cernido y turba en iguales proporciones, sin desinfectar. En los semilleros a base de lana al 100% se añadió algo de sustrato 1:1:1 para contener la semilla y una fina capa de picón para conservar la humedad (Fig. 3 y 4). En los semilleros al 50% de lana se rellenó hasta el total con este mismo sustrato.

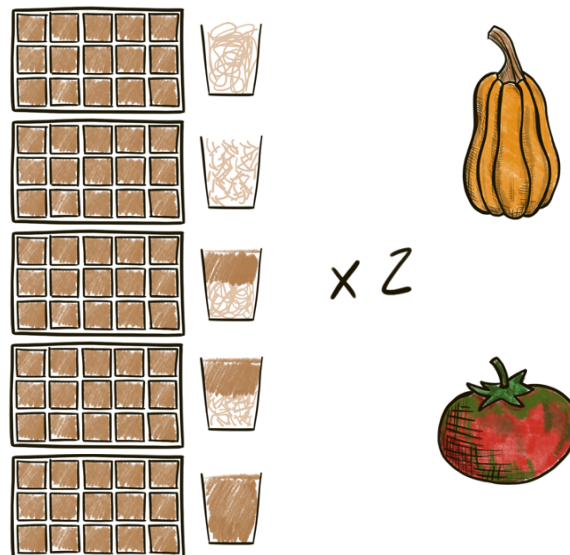


Figura 1. Diseño de los semilleros



Figura 2. Preparación de semillero de 50% de lana picada



Figuras 3 y 4. Preparación de semillero de calabaza 100% lana cardada

PREPARACIÓN DE LA LANA

Para la realización de los semilleros se utilizó lana de ovejas de raza Palmera cedida por el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA).



Figuras 5 y 6. Esquilado de las ovejas en las instalaciones del ICIA (Fuente: Pilar Méndez)

Una vez obtenida la lana se lavó superficialmente con agua y se dejó escurrir. En el caso de la lana destinada a cardado se dejó secar sobre una cama caliente para facilitar el tratamiento de cardado. La lana destinada a picado se pico finamente con tijeras y se introdujo directamente en los semilleros.



Figuras 6 y 7. Lavado y escurrido de la lana.



Figura 8. Lana picada



Figura 9. Lana cardada y cardas.

EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE MICORRIZACIÓN

Para evaluar los porcentajes de micorrización se utilizaron las raíces de las plantas cultivadas, las cuales son teñidas con azul trypan (Phillips y Hayman, 1970, Koske y Gemma, 1989) y observadas al microscopio óptico.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para cada tipo de sustrato se tomaron datos de longitud aérea y radical y pesos aéreo y radical. En total se midieron un total de 50 plantas por tipo de semilla, 10 plantas por tipo de sustrato.

Dado que durante la evaluación del porcentaje de micorrización se observó que ninguna de las plantas había desarrollado hongos micorrícicos se procedió a incluir tanto las muestras inoculadas con micorrizas como las control en un solo grupo.

Se realizó un análisis estadístico de los datos utilizando el programa SPSS 25.0 (Statistical Package for the Social Sciences) para Macintosh (SPSS Inc., Chicago, EE.UU). Se aplicó el test One-Way

ANOVA (Test de Duncan). Se consideró que existían diferencias significativas cuando la comparación estadística daba valores de $p < 0,05$. Se realizó un análisis de correlaciones de Pearson.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se muestran los valores medios, desviación estándar y valores máximos y mínimos de los parámetros medidos para el total de las muestras, tanto de calabaza como de tomate.

Tabla 1. Estadístico-descriptivos de los parámetros analizados

CALABAZA					
Parámetro	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Longitud aérea (cm)	50	24,16	4,57	12,50	31,50
Longitud radical (cm)	50	12,79	5,48	2,00	25,00
Longitud total (cm)	50	36,95	8,06	15,00	49,00
Peso aéreo (g)	50	5,08	2,20	1,17	12,44
Peso radical (g)	50	0,52	0,33	0,05	1,18
Peso total (g)	50	5,60	2,44	1,30	13,49
TOMATE					
Parámetro	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Longitud aérea (cm)	50	18,51	6,98	7,00	29,00
Longitud radical (cm)	50	7,84	4,33	1,00	21,00
Longitud total (cm)	50	26,35	10,58	9,00	43,50
Peso aéreo (g)	50	1,33	0,94	0,13	3,10
Peso radical (g)	50	0,23	0,16	0,03	0,62
Peso total (g)	50	1,55	1,08	0,16	3,49

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos según el tipo de sustrato utilizado para las plantas de calabaza.

Se observa una mayor longitud de las plantas en aquellas cuyo sustrato contenía un 50% de lana, ya fuera picada o cardada, así como en las sembradas en sustrato sin adición de lana, siendo el mayor

valor el de aquellas plantas que crecieron en un sustrato con nada o con un 50% de lana picada. El peso total de las plantas fue también mayor en las de sustrato 50% lana picada, siendo el segundo valor más alto el de las plantas con 50% de lana cardada.

Tabla 3. Resultados para las plantas de calabaza según tipo de sustrato

CALABAZA						
Tipo de sustrato	Longitud aérea	Longitud radical	Longitud total	Peso aéreo	Peso radical	Peso total
100% Picada	22,7 ± 5,45 a	11,15 ± 5,68 ab	33,85 ± 10,32 ab	4,29 ± 1,87 a	0,36 ± 0,20 ab	4,65 ± 2,05 a
100% Cardada	22,40 ± 4,24 a	7,95 ± 3,20 a	30,35 ± 7,18 a	4,08 ± 1,44 a	0,20 ± 0,10 a	4,28 ± 1,52 a
50% Picada	28,95 ± 2,83 b	13,25 ± 3,15 b	42,20 ± 5,03 b	7,03 ± 2,81 b	0,72 ± 0,31 bc	7,75 ± 3,08 b
50% Cardada	25,45 ± 2,36 ab	12,80 ± 3,37 ab	37,25 ± 3,40 ab	5,92 ± 1,66 ab	0,67 ± 0,30 bc	6,59 ± 1,92 ab
100% Sustrato	21,30 ± 3,22 a	18,80 ± 5,53 c	40,10 ± 7,50 b	4,10 ± 1,53 ab	0,65 ± 0,36 c	4,75 ± 1,69 ab

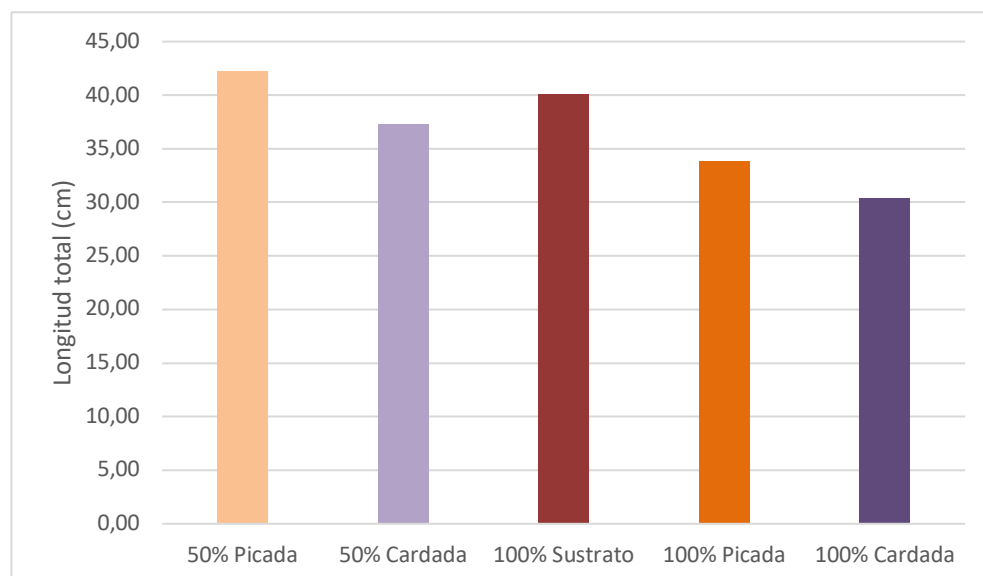


Figura 10. Longitud total de las plantas de calabaza según tipo de sustrato

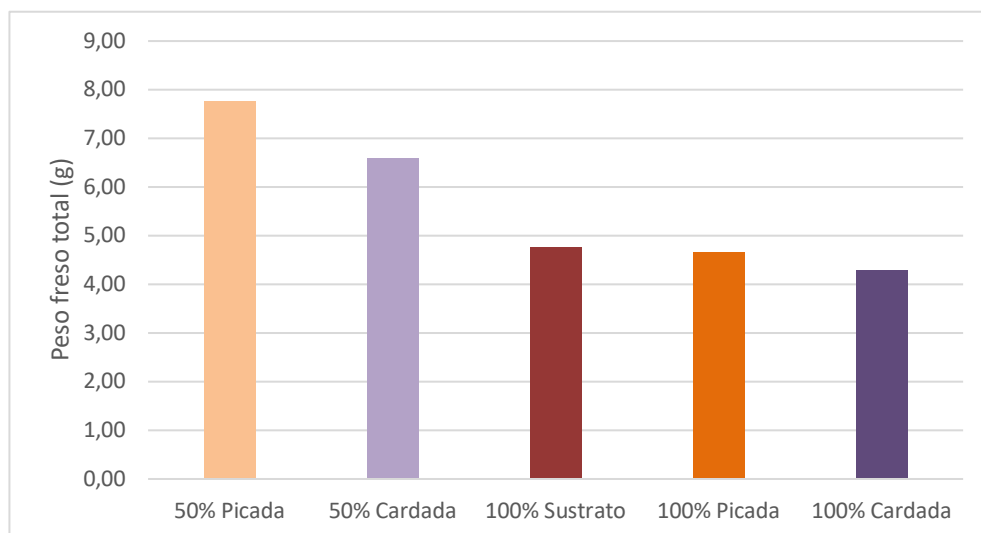


Figura 11. Peso total de las plantas de calabaza según tipo de sustrato

Como puede observarse en la Tabla 4, al igual que en las plantas de calabaza, de nuevo los mayores valores de longitud se obtienen en las plantas en las que el sustrato contenía como mucho 50% de lana. El uso de sustratos formados únicamente por lana da lugar a valores menores tanto de longitud como de peso. Se detectaron además diferencias significativas tanto en longitud como en peso entre las plantas que crecieron en sustratos 100% lana y en las sembradas en el resto de los sustratos.

Tabla 4. Resultados para las plantas de tomate según tipo de sustrato

TOMATE						
Tipo de sustrato	Longitud aérea	Longitud radical	Longitud total	Peso aéreo	Peso radical	Peso total
100% Picada	9,80 ± 2,20 a	3,15 ± 1,40 a	12,95 ± 3,30 a	0,27 ± 0,18 a	0,07 ± 0,06 a	0,34 ± 0,24 a
100% Cardada	11,90 ± 3,29 a	4,50 ± 1,63 a	16,40 ± 4,56 a	0,46 ± 0,31 a	0,13 ± 0,08 a	0,58 ± 0,39 a
50% Picada	25,90 ± 1,65 c	0,60 ± 2,21 b	35,50 ± 3,44 bc	2,36 ± 0,49 c	0,38 ± 0,16 b	2,74 ± 0,61 c
50 % Cardada	21,65 ± 1,92 b	8,90 ± 2,64 b	30,55 ± 3,67 b	1,84 ± 0,56 bc	0,29 ± 0,12 b	2,13 ± 0,66 bc
100 % Sustrato	23,30 ± 3,68 bc	13,05 ± 3,73 c	36,35 ± 4,39 c	1,79 ± 0,60 b	0,28 ± 0,13 b	1,98 ± 0,69 b

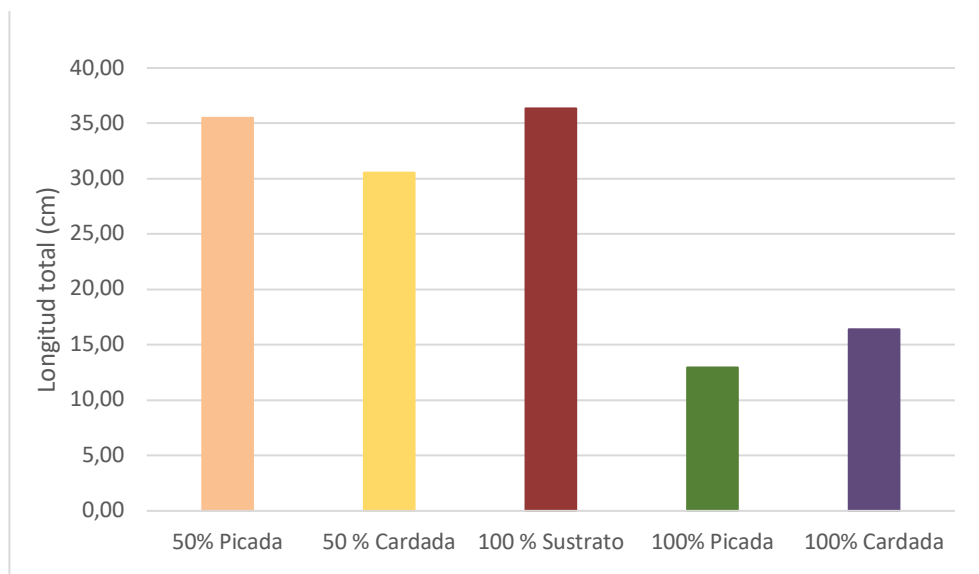


Figura 12. Longitud total de las plantas de tomate según tipo de sustrato

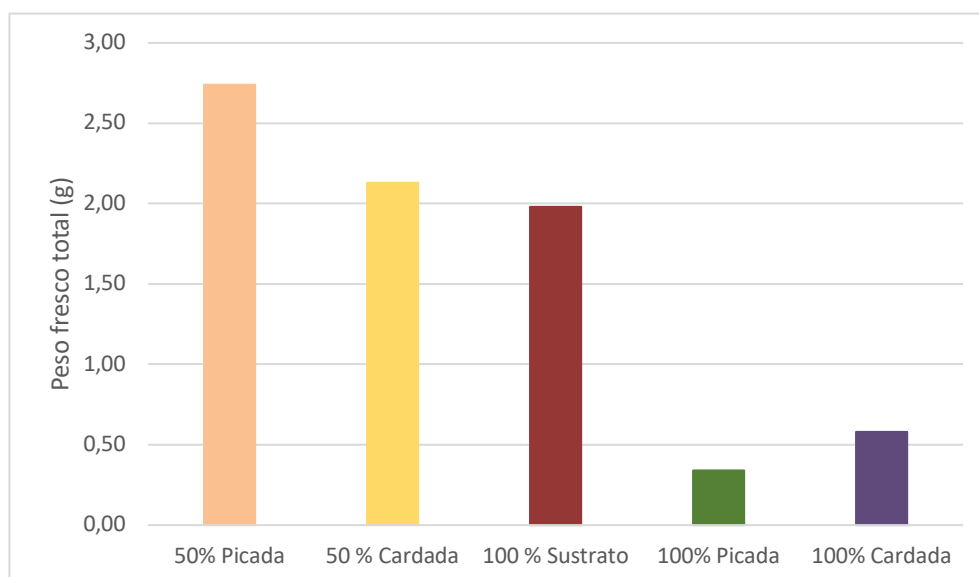


Figura 13. Longitud total de las plantas de tomate según tipo de sustrato

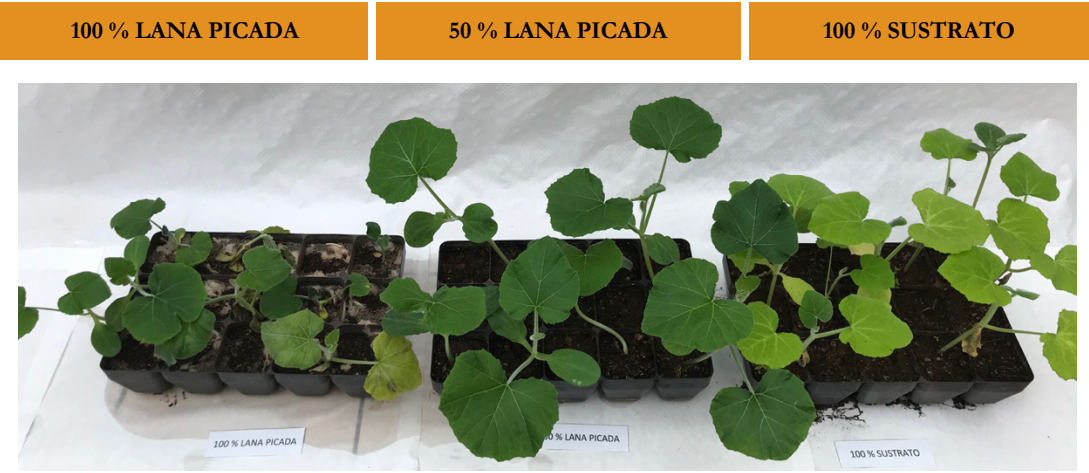
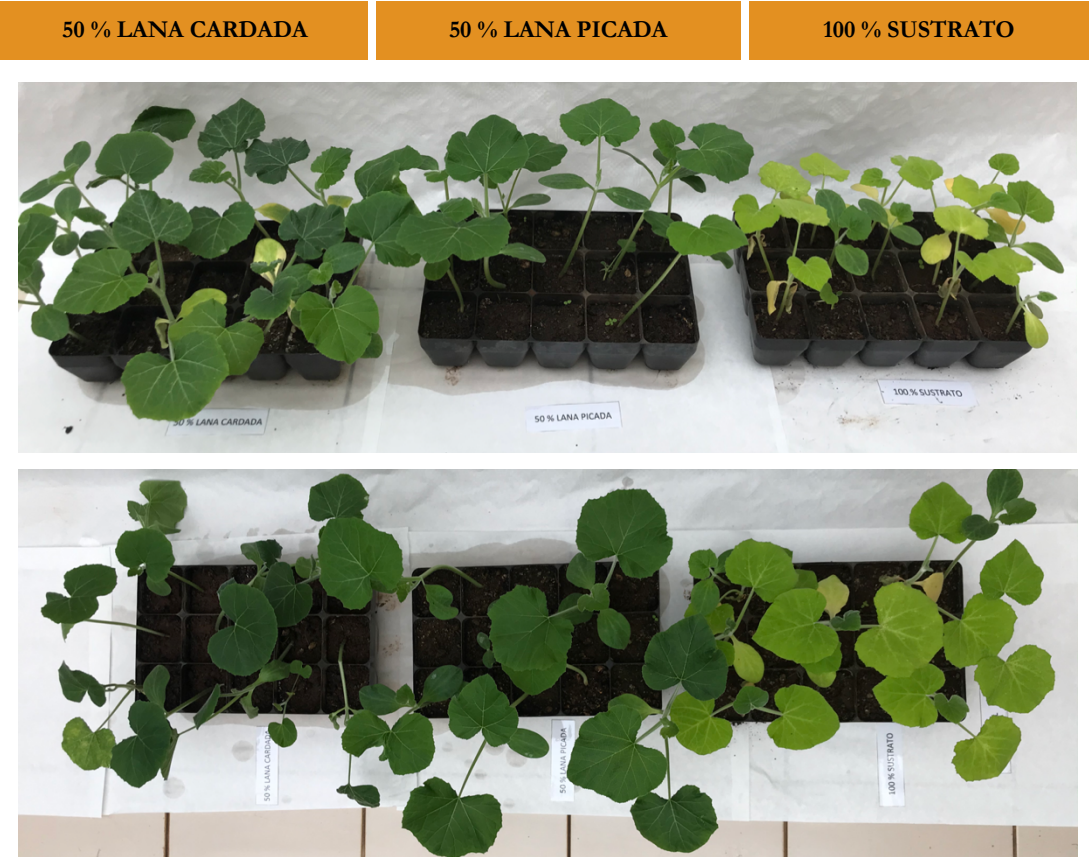
ESTADO FÍSICO DE LAS PLANTAS

A lo largo del ensayo se llevó un seguimiento fotográfico de los semilleros para identificar cambios en las mismas que pudieran denotar insuficiencias nutricionales y se observó una gran diferencia en el color entre las plantas de semilleros realizados exclusivamente con lana y el resto, así como en los semilleros cuyo sustrato no contenía lana.

Como puede observarse en las imágenes a continuación, las plantas que presentaron mejor estado general fueron aquellas con un 50% de lana como sustrato.

En cuanto a las sembradas en sustrato 1:1:1, a pesar de que el ritmo de crecimiento fue similar a las anteriores se observó un cierto amarilleamiento con respecto a las que contenían lana en los semilleros.

Se observó un claro retraso del crecimiento, tanto para calabaza como para tomate, en los semilleros realizados con 100% de lana, ya fuera cardada o picada, posiblemente consecuencia del encharcamiento y pudrición que observamos tendían a sufrir.



50 % LANA CARDADA

100 % LANA CARDADA

100 % SUSTRATO



100 % LANA PICADA

100 % LANA CARDADA

100 % SUSTRATO



50 % LANA CARDADA

50 % LANA PICADA

100 % SUSTRATO



100 % LANA PICADA

50 % LANA PICADA

100 % SUSTRATO



50 % LANA CARDADA

100 % LANA CARDADA

100 % SUSTRATO



100 % LANA PICADA

100 % LANA CARDADA

100 % SUSTRATO



5. CONCLUSIONES

Entre los sustratos utilizados se encontraron diferencias en cuanto a longitud y peso fresco de las plantas. Se encontró que aquellas sembradas en sustratos con 50% de lana, ya fuera cardada o picada, o en sustrato 1:1:1 sin lana añadida obtuvieron mayores datos de longitud y peso.

De estos sustratos con mayores valores de longitud y peso de las plantas se observa un amarilleamiento de las mismas en los semilleros sin lana añadida, lo que sugiere un posible aporte de nutrientes por parte de la lana.

Entre los dos tipos de tratamiento aplicado a la lana para su uso se observó mejor estado de los semilleros y mejores datos de crecimiento en los que estaban realizados con lana picada.

El uso de lana como sustrato exclusivo produce escasa germinación y crecimiento lento de las plantas así que como pudriciones y mal estado general a simple vista. Los datos de crecimiento son menores con sustratos exclusivos de lana que con el resto de sustratos.

El experimento tuvo que ser repetido dado que en un primer momento se utilizó la lana sin tratamiento alguno y casi el total de las plantas sufrieron una grave pudrición.

Es probable que el nulo desarrollo de los hongos micorrícicos se debiera al corto espacio de tiempo que las plantas permanecieron en el semillero, no habiendo tiempo para su desarrollo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Azcón-Aguilar, C. y Barea, J. M. 1995.** Saprophytic growth of arbuscular-mycorrhizal fungi. En: *Mycorrhiza structure function, molecular biology and biotechnology*. B Hock y A Varma (Eds.). Springer-Verlag, Heidelberg. Pp. 391-407.
- Barea, J.M., Azcón, R. y Azcón-Aguilar, C. 2005.** Interactions between Mycorrhizal Fungi and Bacteria to Improve Plant Nutrient Cycling and Soil Structure. *Soil Biology*, Volume 3, Part IV, 195-212.
- Böhme, M., Schevchenko, J. y Pinker I. 2008.** Cucumber Grown in Sheepwool Slabs Treated with Biostimulator Compared to Other Organic and Mineral Substrates. *Acta Horticulturae*, 779, 229–306.
- Böhme, M., Pinker, I. y Grüneberg, H. 2012.** Sheep wool as fertiliser for vegetables and flowers in organic farming. *Acta Horticulturae* 933: 195–202.
- Frank, A. y Trappe, J. 2005.** On the nutritional dependence of certain trees on root symbiosis with belowground fungi (an English translation of A.B. Frank's classic paper of 1885). *Mycorrhiza* 15:267-275.
- Górecki, R. S., Górecki, M.T. 2010.** Utilization of waste wool as substrate amendment in pot cultivation of tomato, sweet pepper, and eggplant. *Polish J. of Environ. Stud.* Vol. 19, No. 5, 1083-1087.
- Harley J.L. y Smith S.E. 1983.** *Mycorrhizal simbiosis*. Academic Press. London, 483 p.

- Hewitt, E. 1966.** Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. Technical Communication No. 22., Technical Communication No. 22. East Malling, Maidstone, Kent, England: Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops.
- Honrubia, M. 2009.** Las micorrizas: Una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. Vol. 66S1:133-134.
- Jaizme-Vega, M.C. 2019.** Las micorrizas, una estrategia agroecológica para optimizar la calidad de los cultivos. Ed. Phytoma. Valencia. 112 pp.
- Koske, R. y Gemma, J. 1989.** A modified procedure for staining root to detect VA mycorrhizas. *Mycol. Res.* 92: 692.
- Marcos-Bilbao, L. Briz-Escribano, J. y Köhler, S. 2018.** Analysis of the value chain of sheep wool in Spain and its possible use in greenhouse crops. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*, 2018. Edition. 13.Vol: 04.
- Phillips, J. y Hayman, D. 1970.** Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55: 158-161.
- Pozo, M., Jung, S., Martínez-Medina, A., López-Ráez, J., Azcón-Aguilar, C. y Barea, J. 2013.** Root allies: Arbuscular mycorrhizal fungi help plants to COPE with biotic stresses. En: *Symbiotic Endophytes* (Ed: R. Aroca). Springer-Verlag. Berlín. Heidelberg, pp.289-307.
- Siquiera J. O. y Franco A. A. 1988.** Biotecnología do solo. Fundamentos e perspectivas. Brasil: Ed. MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS, pp. 125-177.
- Smith S.E. y Read, D.J. 1997.** Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, Cambridge, 605 pp.