

# ANÁLISIS FÍSICO DE DIFERENTES SUSTRATOS PARA EL CULTIVO HIDROPÓNICO DE PLANTINES DE LECHUGA

Fontanini, L.<sup>1</sup>, Argüello, J.A.<sup>2</sup>, Bima, P.<sup>3</sup>, Valentinuzzi, M.C.<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ingeniería y Mecanización Rural. Catedra de Física. Córdoba Argentina.

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuaria. Departamento de Producción vegetal. Escuela para Graduados.

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Producción Vegetal. Cátedra de Sistema de Producción de Cultivos Intensivos. Córdoba. Argentina.

<sup>4</sup>CONICET. Instituto de Física Enrique Gaviola (IFEG). Córdoba. Argentina.

lufonta@agro.unc.edu.ar

## RESUMEN

El sustrato de los almácigos es crucial para obtener plantines de calidad en cualquier tipo de cultivo. El alto costo de los sustratos importados, requiere utilizar materiales locales, subproductos de la agroindustria estables y de probada calidad e inocuidad. Las propiedades físicas de los sustratos son críticas y difíciles de modificar una vez en el contenedor. El objetivo de este trabajo fue analizar las propiedades físicas de tres sustratos: arena, lana de oveja y guata siliconada de plantines de lechuga. En la arena se observó una porosidad total, porosidad de aireación y capacidad de retención de agua menor que en los demás tratamientos. La guata siliconada mostró propiedades físicas similares a la lana de oveja. El uso de sustratos locales, biodegradables y económicos como la lana de oveja promueve la sostenibilidad y la economía circular al aprovechar subproductos ovinos. Los productores priorizan la relación costo/beneficio y la disponibilidad en el mercado al seleccionar un sustrato.

**Palabras clave:** sustratos alternativos, cultivo sin suelo, guata siliconada, lana de oveja, hortaliza.

## INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018) proyecta un aumento significativo en la población para el año 2050 (González Velázquez *et al.*, 2022), lo que resultará en una mayor demanda de alimentos (Echeverri Buitrago, 2018). Ante esta perspectiva, es esencial implementar medidas que intensifiquen la producción agrícola de manera sostenible y eficiente para satisfacer esta creciente demanda. En este contexto, la hidroponía emerge como una solución relevante para aumentar la producción de hortalizas, ya que se caracteriza por su eficiencia y su menor impacto ambiental en comparación con los métodos tradicionales de cultivo en suelo. Su versatilidad para el cultivo de lechuga en áreas urbanas o suburbanas la convierte en una opción atractiva para la producción local, lo que contribuye a reducir la huella de carbono asociada al transporte (Armadans, 2019). Además, la hidroponía reduce la dependencia de productos químicos para el control de plagas y enfermedades, lo que la hace aún más importante desde una perspectiva ambiental (Resh, 2001; Venkata *et al.*, (2020).

Esta técnica de cultivo prescinde del uso de suelo y permite el crecimiento de las plantas mediante nutrientes disueltos en agua (Beltrano *et al.*, 2015) que circula permanentemente en un sistema cerrado. Existen varios modelos de sistemas hidropónicos, Nutrient Film Technique (NFT), Raíz Flotante y Aeroponía (Resh, 2001; Beltrano, 2017). Uno de los sistemas hidropónicos más utilizados es el de raíz flotante que consiste en utilizar contenedores de cualquier tipo de material protegido por una tapa con orificios encargada de sostener al cultivo permitiendo que las raíces estén en contacto con la solución nutritiva (Goddek *et al.*, 2019).

La lechuga es el segundo vegetal de hoja más producido en Córdoba (Giobellina *et al.*, 2022), debido a su valor nutricional y adaptabilidad al cultivo hidropónico, la convierte en un componente de la dieta diaria.

En cualquier sistema hidropónico, el cultivo comienza con plantines cultivados en almácigos con sustrato, como primera etapa de producción.

Debido a que los almácigos se elaboran en bandejas, el sustrato empleado es un factor fundamental, puesto que determina en gran parte la calidad del plantín. El alto costo de los sustratos importados, lleva a la necesidad de disponer de un material local, estable y de probada

calidad e inocuidad (Quesada, Roldán y Méndez Soto, 2005). El sustrato se define como todo material, natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado, cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo a las plantas, permitiendo su anclaje y soporte a través del sistema radical, favoreciendo el suministro de agua, nutrientes y oxígeno (Calderón, 2006) lo que influye directamente en su desarrollo y rendimiento futuro (Etcheverri y Buitrago, 2018). Implica considerar no solo sus propiedades, sino también su disponibilidad, cercanía y costos asociados. Se requiere un análisis integral para elegir un sustrato óptimo, dado que la estructura y la textura del sustrato influyen en la germinación de las semillas y en el desarrollo radicular y aéreo de las plantas en el primer estadio del cultivo (Cruz Crespo, 2013).

Por lo tanto, es esencial considerar propiedades físicas y químicas del sustrato, como el pH, la conductividad eléctrica, la densidad aparente y real, la capacidad de retención de agua, la porosidad total y de aireación (Cruz Crespo, 2013; Gayosso-Rodríguez *et al.*, 2016). Las propiedades físicas de los sustratos son críticas, una vez que se colocan en el contenedor, ya que es difícil de modificar porque la estructura puede variar con el tiempo según el manejo que recibe (Abad, 2004; Cruz Crespo, 2012).

Los productores hidropónicos utilizan diversos sustratos como fibra de coco, espumas fenólicas, cascarilla de arroz, entre otros, la mayoría de los cuales, debe importarse, lo que dificulta su transporte debido al volumen que ocupan y su disponibilidad irregular en el mercado (Mixquitila Casbis *et al.*, 2022; Cruz Crespo, 2013; Bárbaro, 2019). El uso predominante de sustratos naturales, como la turba, puede tener consecuencias ambientales debido a su lenta reposición (Gayosso-Rodríguez *et al.*, 2016). Por lo tanto, emplear sustratos alternativos, utilizando materiales regionales disponibles puede reducir el impacto ambiental y económico aprovechando y revalorizando subproductos de la agroindustria, permitiendo optimizar costos de producción, sin comprometer la calidad de las plántulas y manteniendo las propiedades físico-químicas (Meneses-Fernández & Quesada-Roldán, 2018). Tal es el caso de la lana de oveja que con sus fibras hidrófilas le permiten retener agua, que es beneficiosa para las plantas. Es renovable y biodegradable. Las lanas de ovejas negras, corderos faenados, y la categoría no vellón, son consideradas de descarte (Zanobello y Cardozo, 2019). Estudios realizados por Ferby *et al.*, (2023), basados en autores como Zheljzkov (2005) y Komorowska *et al.*, (2022), demostraron que la lana de oveja puede ser un fertilizante, aportando nutrientes como calcio, magnesio, potasio, sodio, fósforo y hierro; debido a la queratina presente en su estructura que libera nitrógeno

gradualmente. Sin embargo, es importante eliminar aditivos y contaminantes antes de utilizarla como sustrato (Ferby *et al.*, 2023). Otro producto industrial sin referencias previas sobre su uso en la producción hidropónica es la guata siliconada que se compone de diversos tipos de poliésteres con mezclas variables de fibras sólidas, huecas o siliconadas (Quimbayo, 2017). La arena de río como otro tipo de sustrato requiere especial atención por el contenido de carbonato cálcico, (no debe superar el 10 %) y su distribución granulométrica afecta la disponibilidad de agua y aire (Martínez y Roca, 2011). Entre las ventajas de la arena están su bajo costo, estabilidad estructural y facilidad de limpieza. Sin embargo, su alta densidad y baja retención de agua se presentan como desventajas. Se planteó el siguiente objetivo para este trabajo: analizar las propiedades físicas, densidad aparente ( $D_a$ ), densidad real ( $D_r$ ), porosidad total ( $P_t$ ), porosidad de aireación ( $P_a$ ), capacidad de retención de agua (CRA) de tres sustratos alternativos: lana de oveja, guata siliconada y arena para plantines de lechuga en un cultivo hidropónico. Se realizó una encuesta a productores hidropónicos para relevar el uso de los diferentes tipos de sustratos en la etapa de almácigo.

## MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron los siguientes sustratos: Arena de río (comercial), lana de oveja (Cátedra de Rumiantes menores, FCA, UNC), guata siliconada (comercial). Las determinaciones experimentales se llevaron a cabo en los Laboratorios de Silvicultura y de Semillas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC, Argentina. Para la determinación de las propiedades físicas: densidad aparente ( $D_a$ ,  $g/cm^3$ ), y densidad de Partículas ( $D_p$ ,  $g/cm^3$ ) (Pire y Pereira, 2003), porosidad total ( $P_t$ , %) porosidad de aireación ( $P_a$ , %), capacidad de retención de agua (CRA, %) (Pire y Pereira, 2003) (Joseau *et al.*, 2013), se siguieron los procedimientos descritos por Ansorena Miller (1994) y Joseau *et al.*, (2013) sin modificaciones. Se prepararon recipientes tetra brick, marcados en el interior el nivel correspondiente a un litro. Se practicaron 4 orificios en la base del recipiente, para obligar el ingreso de agua hasta llegar a saturación (Joseau *et al.*, 2013). Los envases se llenaron con sustrato hasta la marca realizada en el interior, y se asentaron dejando caer el envase, sobre una superficie plana. Se volvió a rellenar hasta alcanzar nuevamente el nivel marcado. Se sumergió en agua por 30 minutos, se retiraron las muestras, se dejó drenar el agua durante 10 minutos, se midió el volumen de agua ( $V_a$ ); y se pesaron las muestras para obtener el peso húmedo (**PH**). Se secaron las muestras en estufa a  $105^\circ C$  hasta peso constante, para obtener el peso Seco (**PS**) (Pire y Pereira, 2003). Con los valores obtenidos de volumen de

agua (Va), peso húmedo (PH) y peso seco (PS), se aplicaron las Ecuaciones detalladas en Joseau *et al.*, (2013).

Se llevó a cabo una encuesta cualitativa y cuantitativa (Figura 1), dirigida a 20 productores hidropónicos de la República Argentina, a través de un formulario de Google Forms, con el propósito de recopilar información sobre sus necesidades respecto a los sustratos utilizados en sus unidades de producción. La encuesta consta de 10 preguntas abiertas relacionadas con el tipo de sustrato utilizado (ver Anexo 1), el cultivo realizado, el sistema hidropónico empleado, la experiencia en la producción hidropónica y el porcentaje de inversión destinado a la adquisición del sustrato. El análisis de la encuesta se llevó a cabo mediante gráficos generados por la herramienta Google Forms y comparando los porcentajes de las respuestas obtenidas.

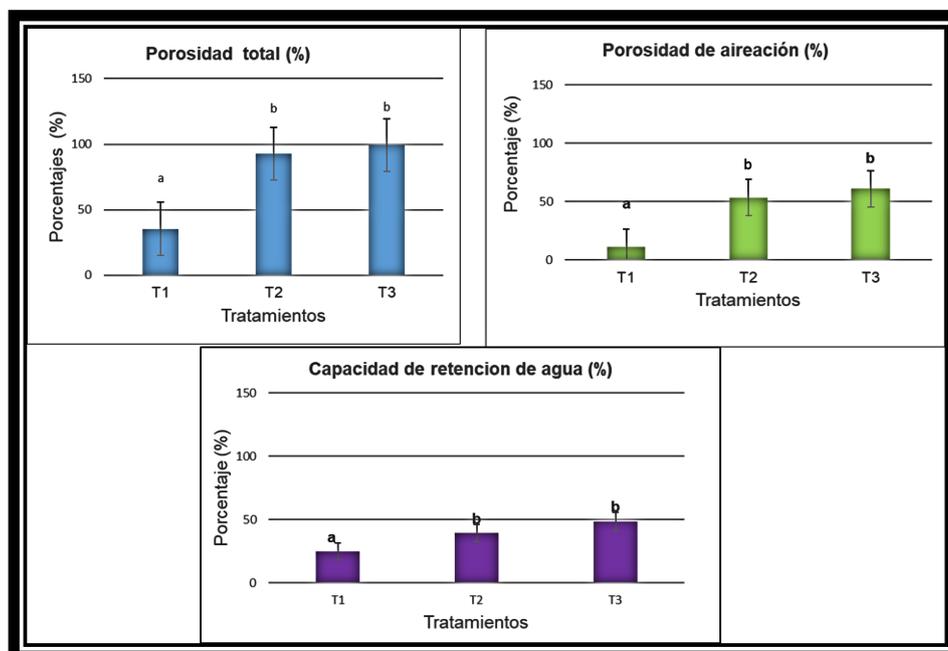
### Análisis estadístico

El ensayo se realizó con tres repeticiones para cada tratamiento y los resultados se presentaron como la media complementada con la desviación estándar.

Los análisis estadísticos se realizaron mediante el software INFOSTAT VERSION 2020 (Di Rienzo, 2011). Los resultados arrojados en los diferentes tratamientos, se evaluaron mediante un análisis de varianza (ANOVA). Las medias y los errores estándar (E.E.) se calcularon para cada variable en estudio, y se realizó test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos de los tres tratamientos realizados en este trabajo presentaron algunas propiedades físicas diferentes desde el punto de vista estadístico ( $p < 0,05$ ). El T1(arena) tuvo una Pt, Pa y CRA menor que todos los tratamientos, con un 35,2%; 11% y 24,9 % respectivamente (Figura 1). El tratamiento T2 (lana de oveja) registró una Pt de 92,67%, mostrando valores sin diferencias significativas con el T3 (guata siliconada), el cual presento una Pt del 99,2%. Estos resultados concuerdan con Joseau *et al.*, (2013) y Martínez y Roca (2011), en donde la Pt supera el 85 % mientras que Cabrera (1999) establece un mínimo del 70%. Aunque no se observaron diferencias significativas en la Pa entre ambos tratamientos (T2 y T3), con un 53,3 % y un 41,5% respectivamente, estos valores de Pt y Pa en los T2 y T3 se sitúan dentro del rango óptimo para un sustrato ideal. Sin embargo, estos valores de Pa son superiores a los valores sugeridos por Joseau *et al.*, (2013) quienes indican que la Pa debería alcanzar al menos un 30 % para producción de plantines y Ansorena, (1994) considera aceptable que la Pa debe estar entre el 10 % y el 20 % para sustratos en recipientes (Figura 1). No se encontraron diferencias significativas para CRA, entre el T2 y el T3 con un 39,34% y 48,57 % respectivamente. (Figura 1). Sin embargo, estos valores de CRA, que oscilan entre un 40 y el 50 % concuerdan con los reportados por Martínez y Roca (2011) (Figura 1).



**Figura 1:** Comparación de los valores obtenidos de Porosidad Total (PT), Porosidad de aireación (Pa), Capacidad de retención de agua (CRA), en los diferentes tratamientos T1: Arena, T2: Lana de oveja y T3: guata siliconada. Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

La Da de la lana de oveja (T2) y de la guata siliconada (T3), arrojaron valores de 0,109 g/cm<sup>3</sup> y 0,073 g/cm<sup>3</sup>

respectivamente (Figura 2); y la Dp en lana de oveja fue de 1,37 g/cm<sup>3</sup> y en guata siliconada fue de 2,323 g/cm<sup>3</sup>.

Entre ambas propiedades físicas, ( $D_a$  y  $D_p$ ) no se observaron diferencias significativas. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre estas propiedades ( $D_a$  y  $D_p$ ) y los correspondientes valores del T1 (arena) (Figura 2). Valores bajos similares a una turba de textura media a fina donde su  $D_a$  es de  $0,093 \text{ g/cm}^3$

fueron encontrados por Martínez y Roca (2011). Martínez *et al.*, (2023) mencionan considerando lo expuesto por Raviv *et al.*, (1986), que para un mejor anclaje de las plantas se debe tener en cuenta que a mayor altura de la misma, la densidad aparente del sustrato debe ser mayor.

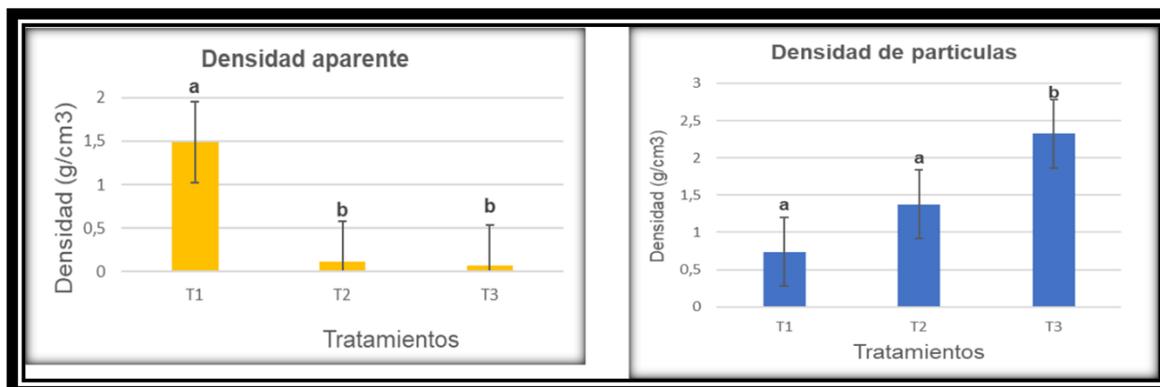


Figura 2: Valores de Densidad aparente ( $D_a$ ) y Densidad de partículas ( $D_p$ ) en tratamientos T1: Arena, T2: Lana de oveja y T3: guata siliconada. Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

En cuanto a la densidad de partículas ( $D_p$ ), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T2 y T3. Los valores obtenidos fueron de  $1,376 \text{ g/cm}^3$  para el T2 y de  $2,323 \text{ g/cm}^3$  para el T3, y el menor valor de  $D_p$  se observó en el T1, con  $0,738 \text{ g/cm}^3$  (Figura 3). Estos valores concuerdan con los valores de  $D_p$  ideales, que van desde  $1,45$  y  $2,65 \text{ g/cm}^3$  según Martínez y Roca (2011). Guerrero y Masaguer (1997) concluyen

que la relación entre la densidad aparente y la densidad de partículas, permite evaluar el espacio poroso que existe en la zona cercana a las raíces y está muy relacionado con la CRA. La  $D_p$ , es una propiedad física importante a determinar, ya que nos da una aproximación de la calidad del sustrato. Los sustratos con  $D_p$  mayores son más estables y menos propensos a la compactación (Mixquititla Casbis *et al.*, 2022).

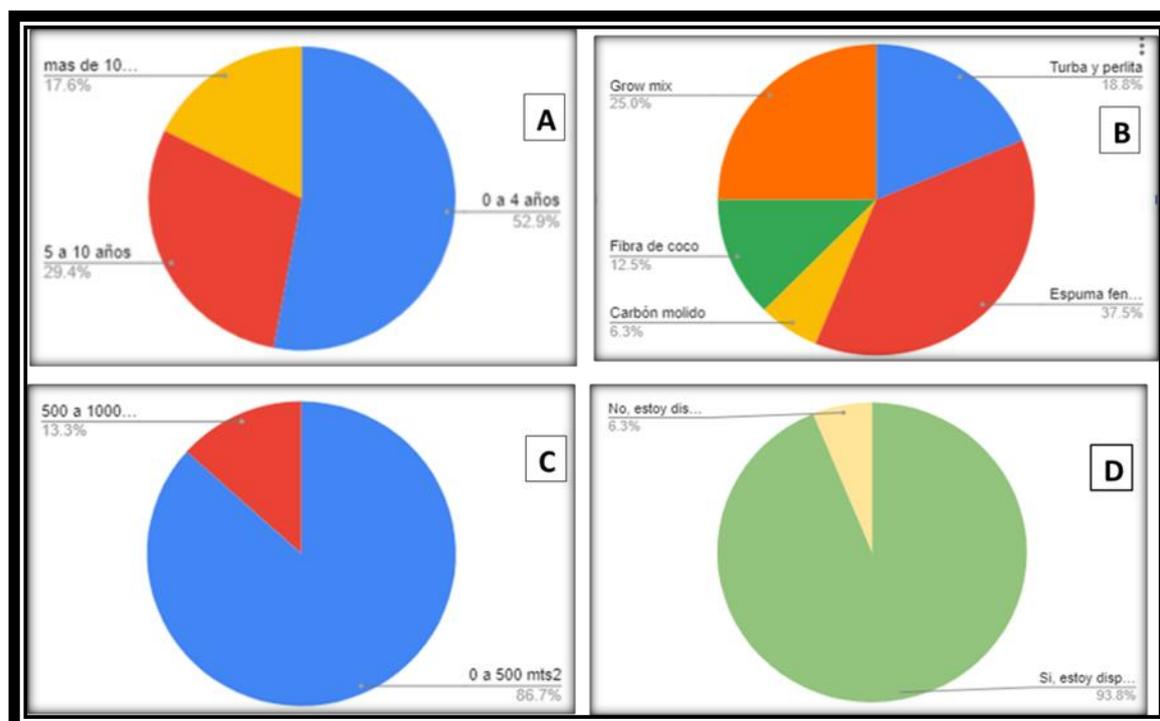


Figura 3 A) Representando el porcentaje de productores que se dedican a la producción entre 0 y 4 años, 5 a 10 años y más de 10 años. B) Sustratos empleados para la obtención de plantines en su producción. C) Superficie de su unidad de producción hidropónica. D) Porcentaje de productores que interesados en capacitarse.

Los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los productores arrojaron los siguientes valores, el 52,9% de los encuestados se dedican a la producción hidropónica menos de 4 años, el 29,4% entre 5 y 10 años, y solo el 17,6% por más de 10 años (**Figura 3 A**). El 93,8 % de los productores utiliza sustratos comerciales y el 6,3 % emplea un subproducto de la agroindustria (**Figura 3 B**). En cuanto a la superficie destinada a la producción hidropónica, el 86,7% de los productores tiene una superficie cultivable menor a 500 m<sup>2</sup>, mientras que solo el 13,3% supera esta cifra (**Figura 3 C**). Las principales áreas de producción hidropónica son cultivos de hojas, frutas y microgreens. Un 93,7% de los encuestados está dispuesto a capacitarse en nuevos sustratos, mientras que el 6,3% ya emplea alternativas con éxito (**Figura 3 D**). Los resultados obtenidos en esta encuesta, se pueden comparar con datos informados desde la Asociación de Hidroponistas de la República Argentina, la misma, realizo un relevamiento a productores Hidroponistas asociados, reflejando datos a nivel nacional, donde indican cultivos producidos, sistemas hidropónicos empleados, superficie destinada a esta actividad, sustratos empleados entre otros (Asociación de Hidroponistas de la Argentina, 2023).

## CONCLUSIONES

Es de importancia considerar las necesidades de los productores al seleccionar un sustrato, priorizando la relación costo/beneficio y la disponibilidad en el mercado. En base a los resultados obtenidos, de los tres sustratos estudiados, la guata siliconada y la lana de oveja presentan características físicas que resultan adecuadas para el cultivo. La guata siliconada fue el sustrato que arrojó mejores propiedades físicas muy similares a la lana de oveja. La utilización de sustratos localmente disponibles, biodegradable y económica como la lana de oveja, promueven la sostenibilidad y la economía circular al aprovechar subproductos de la producción ovina.

## BIBLIOGRAFIA

- Ansorena Miner J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Edit. Mundi Prensa Libros. España. p.172.
- Abad B, Noguera M, y Carrión, CB. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. Tratado de Cultivo sin Suelo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 113-158 pp.
- Armadas AR, Zárate O, Britos U, Dos Santos C, Villanueva L. 2019 Morphological analysis of three varieties of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a hydroponic system Universidad San Carlos -USC. Paraguay. Horticultura Argentina, vol 38(97), 39-47pp
- Asociación de Hidroponistas de la Argentina 2023. <https://asociacionhidroponica.com.ar/>
- Bárbaro L, Karlanián M, Rizzo P, y Riera N. 2019. Caracterización de diferentes compost para su uso como componente de sustratos. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, vol 35(2), 126-136 pp. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000309>
- Beltrano J, Giménez D. 2017. Cultivo en Hidroponía. Introducción al cultivo hidropónico. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, vol 1. Edit. Edulp. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina, 10-33 pp.
- Cabrera R I. 1999. Propiedades, Uso y Manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Departamento de Ciencias de las Plantas, Universidad Estatal de Nueva Jersey. <https://www.researchgate.net/publication/259910311>
- Calderón A. 2006. Sustratos agrícolas. Universidad de Chile. Disponible en: [http://www.viverosmininco.cl/documentos/sustratos .pdf](http://www.viverosmininco.cl/documentos/sustratos.pdf).
- Cruz Crespo E, Sandoval Villa M, Volke Haller VH, Can Chulim A y Sánchez Escudero J. 2012. Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol 3 (7). 1361-1373 pp.
- Cruz Crespo E, Can Chulim A, Villa M, Bugarin Montoya R, Robles Bermúdez A Juárez López P. 2013. Sustratos en la horticultura. *Revista Bio Ciencias* vol 2(2) 17-26 pp. ISSN: 2007-3380
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M y Robledo Y C. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar/>
- Echeverri Buitrago L F. 2018. Optimización de sustrato para germinación de semilla de lechuga cressa en cultivos hidropónicos. Trabajo de Grado, Ingeniería de Procesos, Universidad EAFIT, Medellín Colombia.
- Ferby V, Kopta T, Komorowska M, Fidurski M. 2023. Evaluation of alternative substrates for hydroponics based on biological parameters of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) and its stress response. *Folia Horticultura*, vol 34(3) 1-14 pp. DOI: 10.2478/fhort-2023-0006.
- Gayoso Rodríguez A., Borges Gómez L, Villanueva Couch E, Estrada Botello M A, Garruña Hernández R. 2016. Sustratos para la producción de flores. *Agro ciencia*, vol 50(5), 617-631 pp. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405952016000500617&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405952016000500617&lng=es&tlng=es)
- Giobellina B, Marinelli, M V, Lobos D, Eandi M, Bisio C, Butinof M, Narmona L, Romero Asís M. 2022. Producción frutihortícola en la Región Alimentaria de Córdoba. Caracterización y mapeo 2018-2020. INTA

- Ediciones. AER Córdoba Argentina. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/11159>
- Goddek S, Joyce A, Kotzen B y Dos-Santos M. 2019. Aquaponics and global food challenges. Aquaponics food production systems: Combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future, 3-17.
- González Velázquez R, García García A, Ventura Zapata J, Barceinas Sánchez J, Sosa Saavedra J. 2022. A review on hidroponics and the technologies associated for medium and small scale operations. Agriculture. 12(5) 646. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050646>
- Guerrero F, Masaguer A. 1997. Los sustratos en la producción hortícola. La elección más adecuada para obtener óptimos resultados. Revista Vida Rural, vol 47: 52-55.p.
- Joseau MJ, Conles M, Verzino G. 2013. Conservación de recursos forestales nativos de Argentina. El cultivo de plantas leñosas en vivero y a campo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNC. 23-46 pp.
- Komorowska M, Niemiec M, Sikora J, Szlag Sikora A, Gródek Szostak Z, Findura P, Gurgulú H, Stuglik J, Chowaniak M, Atilgan A. 2022. Closed loop agricultural production and its environmental efficiency: A case study of sheep wool production in Northwestern Kyrgyzstan.
- Martínez PF y Roca D. 2011. Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. En Flores R., V.J. (Ed). Sustratos, manejo del clima, automatización y control de sistemas de cultivo sin suelo. Bogotá: editorial Universidad Nacional de Colombia. 37-77 pp.
- Martínez S, Chale W, Nico A, Del Pino A, Granitto G, Scelzo L, Vanina A, Castro A, Peñalba J, Barrenechea M. 2023. Iniciación al manejo de los cultivos hortícolas y florícolas. Curso de Horticultura y Floricultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.
- Meneses Fernández C y Quesada Roldán G. 2018. Sustratos alternativos para la producción de pepino holandés. Agron. Mesoam, vol: 29(1):235-250 pp. ISSN: 2215-3608 doi:10.15517/mav29i2.28738 <http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso>.
- Mixquititla Casbis G, VillegasTorres OG, Andrade Rodríguez M, Sotelo Nava H. 2022. Propiedades físicas y químicas de sustratos en función de su granulometría y componente orgánico-mineral. Acta Agrícola Pecuaria. Acta Agrícola y Pecuaria 8. <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081007>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018. Informe de los Objetivos de Desarrollo de Cultivo. <https://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2018/es/>
- Pire R y Pereira A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. Bioagro, vol 15 (1): 55-63
- Quesada Roldan G y Méndez Soto C. 2005 Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. Agronomía Mesoamericana, vol 16(2): 171-183 pp. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=43716207>
- Raviv M, Walach R, Silver A, Var Tal A. 2018. Substrates and their analysis. Research Gate. Rescatado de: [https://www.researchgate.net/publication/313419715\\_Substrates\\_and\\_their\\_analysis](https://www.researchgate.net/publication/313419715_Substrates_and_their_analysis)
- Resh H. 2001. Cultivos Hidropónicos: nuevas técnicas de producción. 5° Edición. Editorial Mundi Prensa. Madrid. 558 p.
- Supraja KV, Behera B, Balasubramanian P. 2020. Performance evaluation of hydroponic system for co-cultivation of microalgae and tomato plant. Agricultural & Environmental Biotechnology Group, Department of Biotechnology & Medical Engineering, National Institute of Technology Rourkela, Odisha, India. Journal of Cleaner Production. [www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro)
- Zanobelo S, Cardozo C. 2019. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol 23, 91-101 pp. ISSN 2314-1433 <https://inta.gob.ar/ipafpatagonia>

## ANEXO 1

### Estructura de la encuesta

1. ¿Hace cuánto tiempo se dedica a la producción hidropónica?
2. ¿En qué lugar del país se encuentra su unidad de producción?
3. ¿Qué superficie destina a esta actividad?
4. ¿Qué cultivo/os produce?
5. ¿Qué sistema hidropónico emplea?
6. ¿Qué sustrato emplea para la obtención de plantines? (Mencionar si emplea solo o en diferentes proporciones)
7. ¿Empleó diferentes sustratos?
8. ¿Cuál de ellos les dio mejor resultado?
9. El sustrato que emplea, ¿lo obtiene fácilmente en la zona de producción?
10. ¿Qué porcentaje de inversión destina para adquirir el sustrato?
11. ¿Estaría dispuesto a participar de capacitaciones dirigidas a poder caracterizar elementos disponibles en la región de producción y determinar si estos son óptimos para reducir costos en la producción?