

3. Hidroponía simplificada: una herramienta para mejorar la seguridad alimentaria en áreas rurales

JARED HERNÁNDEZ HUERTA*

ALDO GUTIÉRREZ CHÁVEZ**

ANGÉLICA ANAHÍ ACEVEDO BARRERA***

SILVIA AMANDA GARCÍA MUÑOZ****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.273.03>

Resumen

La hidroponía simplificada puede ser una herramienta importante para mejorar la seguridad alimentaria, diversificar la economía local y promover prácticas de agricultura sostenibles en las comunidades rurales. Su sistema de bajo costo y fácil configuración la hace accesible a los agricultores rurales y representa un apoyo significativo para las personas que viven en estas áreas. Además, la hidroponía permite el crecimiento de plantas en lugares con un reducido acceso a suelos fértiles y recursos hídricos, lo que es crucial para regiones con escasez de recursos. La hidroponía simplificada podría ser la solución que garantice la seguridad alimentaria en comunidades rurales y que contribuya, a su vez, a una agricultura más sostenible.

* Doctor en Ciencias con orientación en Microbiología. Profesor-investigador en la Universidad Autónoma de Chihuahua. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4634-2172>

** Doctor en Ciencias Hortofrutícolas. Profesor-investigador en la Facultad de Ciencia Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5343-3320>

*** Doctora en Ciencias Agrarias. Profesora-investigadora en la Facultad de Ciencia Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5547-7090>

**** Doctora en Ciencias en Manejo Sustentable de los Recursos Naturales en Zonas Áridas y Semiáridas. Profesora-investigadora en la Facultad de Ciencia Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5598-2924>

Palabras clave: *cultivo sin suelo, hortalizas, huertos familiares.*

Introducción

La agricultura es una de las actividades antropogénicas más importantes del mundo, ya que es indispensable para la supervivencia del ser humano. Se estima que para el año 2050 la población mundial superará los 9 000 millones, y la demanda de alimento incrementará entre 60 y 70%, de los cuales 85% serán aportados por la agricultura (Comunidades CEPAL, 2023). Sin embargo, los impactos negativos de la actividad agrícola en el medio ambiente causados por el indiscriminado uso de agroquímicos, como la contaminación de los mantos acuíferos, los suelos y la atmósfera, son significativos (Mateo-Sagasta et al., 2018). Aunado a lo anterior, el cambio climático pone en riesgo la seguridad alimentaria en varias regiones del mundo. Por ello, ha crecido el interés por desarrollar métodos de producción de cultivos sin suelo que reduzcan el uso de recursos y generen una mayor producción. Estudios han demostrado que el cultivo sin suelo o hidropónico es una alternativa viable a la agricultura convencional (Melgarejo et al., 2007).

La Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) ha promovido desde el año 1992 el uso de esta tecnología simplificada en América Latina y el Caribe bajo diferentes escenarios agroecológicos y socioeconómicos con la finalidad de mejorar la seguridad alimentaria (Caputo, 2022). Sin embargo, la adopción e implementación de este tipo técnicas agrícolas es limitada, ya sea por la falta de conocimiento sobre su manejo, ya sea por el alto costo para su establecimiento (Gumisiriza et al., 2021).

El desarrollo de un protocolo de implementación adecuado para la hidroponía simplificada en zonas rurales podría aumentar la disponibilidad de alimentos para las personas más pobres (Dreshe, 2004). En este sentido, el empleo de la hidroponía simplificada en zonas rurales del estado de Chihuahua podría ser una alternativa viable en búsqueda de mejorar la seguridad alimentaria de las personas de escasos recursos. Chihuahua tiene como principales ocupaciones, en zonas rurales, la ganadería y la agricultura, siendo esta última 95% temporal, con bajos rendimientos a causa de

sus suelos pobres (Santos-Hernández et al., 2019). Aunado a esto, la presencia de prolongados periodos de sequía afecta el bienestar de las personas de menores ingresos, por lo cual el uso en la hidroponía simplificada podría mejorar el rendimiento de cultivos de huertos familiares y mejorar con ello la alimentación de las familias. Por este motivo, el presente trabajo busca mostrar los diferentes sistemas hidropónicos simplificados como alternativas para la agricultura tradicional en zonas rurales.

Hidroponía simplificada

La hidroponía es un método de cultivo de plantas sin uso de suelo. En su lugar, se utilizan soluciones ricas en nutrientes que proporcionan lo necesario para que las plantas prosperen. *Hidroponía* es una palabra de origen griego que deriva de los sustantivos *hydros* (agua) y *ponos* (trabajo); literalmente, trabajo de agua (López-Elías, 2018). Este método ha ganado popularidad en los últimos años; especialmente en áreas urbanas donde el espacio es limitado. Sin embargo, también puede ser una herramienta importante en las comunidades rurales donde los métodos tradicionales de agricultura pueden estar limitados a causa de factores como la mala calidad del suelo o la falta de agua. Esta tecnología, denominada *hidroponía popular, familiar o simplificada*, ha sido ajustada por la FAO para su empleo en áreas marginales con un enfoque en mejorar la seguridad alimentaria (Carrasco y Izquierdo, 1996).

La hidroponía simplificada es, pues, una forma accesible y asequible de hacer agricultura para las comunidades rurales, a partir de materiales sencillos y de bajo costo, como contenedores de plástico y tuberías de PVC, para la instalación del sistema hidropónico. Estos materiales tienen alta disponibilidad y se pueden transportar fácilmente a zonas remotas; además, el uso de recursos de baja tecnología como los sistemas de goteo alimentados por gravedad evitan la compra de bombas costosas y otros equipos necesarios para la instalación del sistema (Schnitzler, 2012).

Uno de los principales beneficios de la hidroponía simplificada en las comunidades rurales es que puede mejorar la seguridad alimentaria (Fecondini et al., 2009). Los métodos tradicionales de agricultura en estas áreas pueden verse afectados por factores como la sequía, las inundaciones y la

mala calidad del suelo, lo que dificulta la producción de comida suficiente para satisfacer las necesidades de la comunidad. La hidroponía, por otro lado, se puede hacer en un entorno controlado, lo que ayuda a mitigar los efectos de estos factores. Además, la hidroponía se puede hacer en espacios pequeños, como un invernadero o un patio trasero, lo que puede ser útil en comunidades donde el terreno es reducido (Caldeyro Stajano, 2003).

La hidroponía simplificada como herramienta para la seguridad alimentaria en el aspecto social permite la integración del núcleo familiar fortaleciendo el rol de la mujer, refuerza los lazos comunitarios y promueve la integración de las personas con discapacidad (Figueroa y Izquierdo, 2002). Por otra parte, la hidroponía simplificada puede ser una forma de promover prácticas de agricultura sostenibles. Los métodos tradicionales de agricultura pueden conducir a la degradación del suelo, la contaminación del agua y otros problemas ambientales. La hidroponía, por otro lado, puede realizarse con menos agua y en un sistema cerrado, lo que puede ayudar a conservar los recursos y reducir el impacto ambiental de la agricultura (cuadro 3.1).

Otro beneficio es que la hidroponía puede ayudar a diversificar la economía local. Las comunidades rurales a menudo dependen de un sólo cultivo o de un número pequeño de cultivos para su subsistencia; esto las hace vulnerables a las fluctuaciones del mercado y a los cambios inesperados del clima, en cuanto a la calidad de las cosechas. La hidroponía, por su parte, permite el cultivo de una amplia variedad de productos, lo que ayuda a diversificar la economía local y la hace más resistente a este tipo de desafíos (Izquierdo, 2005).

Cuadro 3.1. *Ventajas de cultivo hidropónico simplificado con relación al cultivo tradicional en suelo*

Aspecto de comparación	Cultivo tradicional	Cultivo hidropónico simplificado
Número de plantas	Limitado por la nutrición que puede brindar el suelo y la disponibilidad de luz.	Limitado sólo por la iluminación. Brinda mayor densidad de plantas por unidad de superficie.
Preparación del suelo	Se requieren actividades como el barbecho, la rastra y el surcado (campo abierto), o mezclar suelo con abonos orgánicos para el cultivo de trasplante.	No se realiza esta actividad, ya que no se utiliza suelo.
Control de malezas	Gasto en herbicidas y labores culturales para la eliminación de malezas.	No se requiere el control de malezas.
Enfermedades radiculares	Varios tipos de enfermedades radiculares, causadas por patógenos como nematodos, hongos y bacterias, pueden afectar a las plantas.	La incidencia de enfermedades radiculares es mucho menor y su ausencia dependerá de la desinfección del sistema de cultivo y del sustrato utilizado.
Plagas del suelo	La presencia de insectos plaga en suelo pueden dañar las raíces de los cultivos, por lo que es necesario el uso de insecticidas para su control.	No se presentan plagas en el cultivo, puesto que no se usa suelo.
Agua	Puede existir estrés en el cultivo por falta de agua o exceso de agua, dependiendo de la capacidad de retención de agua del suelo; también pueden presentarse problemas de salinidad en el suelo, lo que impide el adecuado desarrollo de las plantas. Además, la cantidad de agua para el cultivo es mayor, debido a la pérdida por percolación y evaporación.	No existe estrés hídrico relacionado al suelo, ya que se emplean sustratos con buena retención de humedad y es posible automatizar el riego mediante un detector de humedad; tampoco se presentan problemas de salinidad, si se maneja adecuadamente la solución nutritiva. Los contenedores donde se coloca el cultivo no permiten pérdidas significativas de agua, permitiendo un ahorro de hasta 80% del recurso, dependiendo del sistema hidropónico.
Fertilizantes	Para la obtención de una buena cosecha, se emplean fertilizantes químicos en grandes cantidades. Los fertilizantes químicos se pueden perder, entre 50 a 80%, por lavado. Es posible utilizar sistemas de fertirriego que aprovechan mejor los fertilizantes, pero requieren de una mayor inversión.	Se utilizan en pequeñas cantidades y, al estar distribuidos uniformemente (disueltos) en el agua, se facilita su absorción por parte de la planta. No hay problemas de pérdida por lavado, dependiendo del tipo de sistema que se utilice.
Nutrición	Pueden aparecer deficiencias localizadas en el cultivo, por falta de nutrientes en el suelo o por falta de fertilización. Las características físicas químicas del suelo puede influir en la disponibilidad de los nutrientes y en la capacidad de absorción de la planta.	Si se realiza la preparación de la solución nutritiva de forma adecuada, habrá un control completo y estable de nutrientes para el cultivo. Si se realiza un control adecuado del pH y de conductividad eléctrica, la planta podrá absorber con facilidad los nutrientes.

<i>Aspecto de comparación</i>	<i>Cultivo tradicional</i>	<i>Cultivo hidropónico simplificado</i>
Desbalance de nutrientes	Las deficiencias nutricionales o el efecto tóxico de algunos elementos en exceso puede durar meses.	Este mismo problema se soluciona en unos cuantos días.
Calidad del fruto	Es común que se presenten deficiencias por calcio y potasio, provocando una menor duración de almacenamiento.	Generalmente, los frutos son firmes y con una mayor vida poscosecha, dependiendo del manejo de la solución nutritiva.
Costos de producción	Los costos de producción pueden ser altos dependiendo del cultivo, la extensión de cultivo y las actividades de manejo realizadas (mano de obra en fertilización, fumigación, preparación del suelo, siembra, etc.).	Los costos pueden ser altos al inicio, en la instalación del sistema, según el sistema que se busque; pero existen sistemas hidropónicos caseros que se pueden construir con materiales locales o reciclado, reduciendo costos.
Sustratos	El cultivo se realiza en el suelo.	Se pueden emplear diversos sustratos de bajo costo, así como materiales de desecho, que tienen buena capacidad de retención de agua. Además, pueden emplearse sólo en la producción de plántulas, como en los sistemas de raíz flotante o NFT.
Mano de obra	Se requiere mayor cantidad de mano de obra, especialmente para labores físicas como deshierbe, riego manual y cosecha.	Se requiere de conocimientos técnicos y asistencia si la extensión de cultivo es grande.
Efecto en el suelo	El cultivo a campo abierto puede tener un efecto negativo en el suelo dependiendo del manejo. Puede presentarse contaminación del suelo y agua debido a los fertilizantes y otros agroquímicos aplicados en el cultivo que pueden afectar a otros seres vivos.	En un sistema hidropónico, dependiendo del manejo del sistema, el suelo no se ve afectado, ya que no se utiliza para cultivar, y como no hay control de plagas de suelo, o control de malezas, se usan menos agroquímicos.
Labores	En un cultivo en campo abierto o en pequeña escala se realizan varias prácticas de control de enfermedades y plagas, manejo de malezas, riego y fertilización.	En los sistemas de cultivo hidropónicos las labores de cultivo se reducen ampliamente, eliminando prácticas como el control de plagas de suelo, el control de malezas, el aporte y la fertilización manual.
Producción	La producción es variable y puede ser heterogénea dependiendo del manejo del cultivo. Si se realiza un control de enfermedades y plagas deficiente se pueden obtener rendimientos bajos o incluso la pérdida de la cosecha.	La producción es homogénea y estable siempre y cuando se realicen las prácticas de forma adecuada, obtenido altos rendimientos por unidad de superficie, así como la mejora en la calidad de la producción.

Fuente: Modificado de Gruda y Tanny (2014), y Lee y Lee (2015).

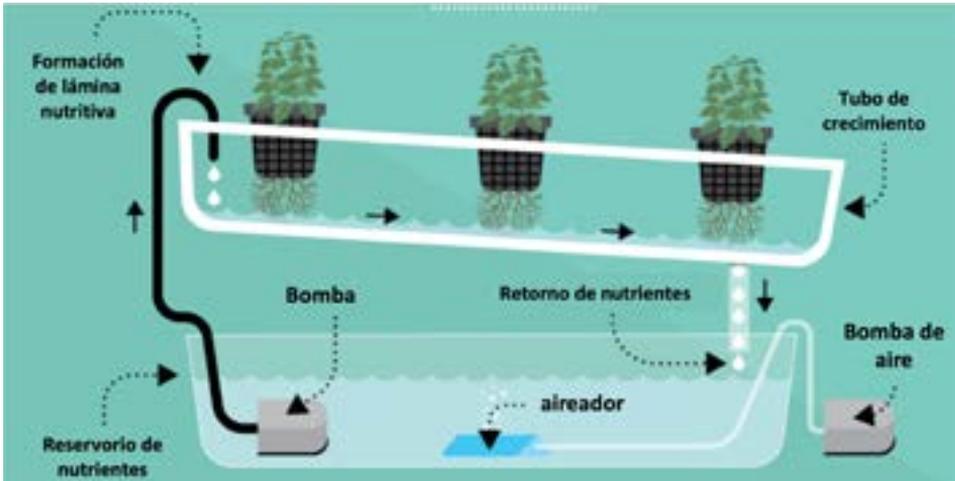
Sistemas de cultivo en hidroponía simplificada

La producción de cultivos en hidroponía simplificada puede operarse de forma manual o automatizada, pero, dependiendo del tipo de cultivo y de los recursos disponibles, es importante la elección del tipo de sistema a emplear. Los sistemas hidropónicos se dividen en *hidropónicos puros*, donde no se emplea sustrato, y los *cultivos semihidropónicos*, o con sustrato (Savvas et al., 2013). El primer grupo emplea únicamente la solución de nutrientes y una estructura donde se colocan las plantas; además, el sistema de raíces del cultivo puede estar sumergidos parcial o completamente en la solución nutritiva. En los sistemas semihidropónicos, las raíces de las plantas crecen en un sustrato que sólo sirve de soporte y reten de la solución nutritiva (Rodríguez-Del-fín et al., 2017). En la hidroponía simplificada las técnicas más utilizadas son la técnica de la película de lámina nutritiva recirculante (NFT), la raíz flotante y el sistema de cultivo en macetas con sustrato.

Técnica hidropónica simplificada de lámina nutritiva recirculante (NFT)

El NFT es un sistema hidropónico puro, el cual permite el flujo continuo de un solución nutritiva a través de canales donde se colocan las plantas para su desarrollo. La solución nutritiva recircula en forma de película fina de pocos milímetros, suficiente para nutrir a las plantas y permitir la oxigenación de las raíces. Cuando el NFT se emplea en la hidroponía simplificada suele modificarse según los materiales disponibles y el tipo de cultivo, pero manteniendo siempre el principio de recirculación en lámina (figura 3.1). Los principales cultivos que pueden producirse con este sistema en hidroponía simplificada son las hortalizas de hoja, como son la lechuga, el apio, la albahaca, la acelga y algunas frutillas como la fresa (imagen 3.2). El NFT permite la obtención de hasta 25 plantas/m² en el caso de lechugas (Orsini et al., 2009).

Figura 3.1. Esquema general de un sistema hidropónico de lámina nutritiva recirculante



Fuente: <https://n9.cl/rwvbo>

Imagen 3.2. Sistemas hidropónicos simplificados de lámina nutritiva recirculante: (A) sistema NFT vertical con lechugas y (B) sistema NFT de piramidal con acelgas



Fuentes: (A) Hernández Huerta (2022); (B) Agr1col@dmin (2020).

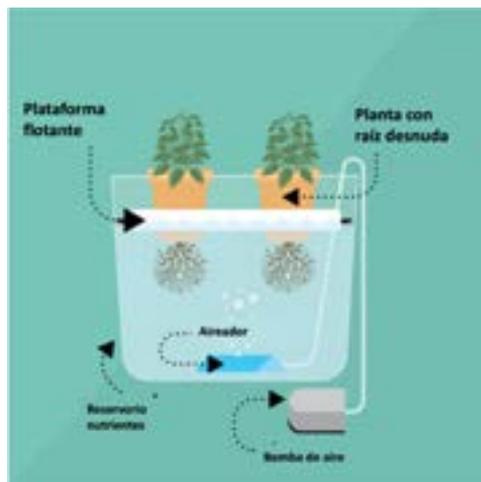
Las ventajas del sistema NFT son, principalmente, el ahorro significativo en el consumo de agua y fertilizantes y la reducción de desechos (Savvas et al., 2013). Además, se puede reducir la mano de obra y el tiempo de cosecha

a casi la mitad; se mejora también la calidad e higiene del producto. Sin embargo, dentro de los inconvenientes de este sistema se encuentran los costos relativamente altos de automatización, el costo por el consumo de energía eléctrica para la recirculación constante y las pérdidas económicas que representan las enfermedades producidas por un mal manejo del sistema (Rodríguez-Delfín et al., 2017).

Técnica hidropónica de raíz flotante

El sistema de raíz flotante es un sistema hidropónico puro donde se colocan las plantas en láminas de poliestireno que flotan en contenedores con solución nutritiva. El sistema radicular de las plantas queda sumergido en los contenedores, permitiendo una absorción constante de los nutrientes (figura 3.3).

Figura 3.3. Esquema general de un sistema hidropónico de raíz flotante



Fuente: <https://n9.cl/rwvbo>

Este sistema requiere también de oxigenación, la cual se puede producir ya sea por medio de una bomba, o ya sea de forma manual. Este sistema es el más fácil de adaptar en hidroponía simplificada bajo diferentes ambientes: áreas urbanas, áreas semiurbanas o áreas rurales. Los cultivos que se pueden

desarrollar en este sistema son hortalizas de hoja como lechuga, arúgula, acelga, espinaca, albahaca, entre otros (imagen 3.4). Las ventajas de este sistema radican en los bajos costos de instalación, el ahorro en el uso de energía en la oxigenación manual, la facilidad para mover el sistema según sea del tamaño del contenedor, y la facilidad para controlar el pH de las plantas, puesto que están en constante contacto con la solución nutritiva. Lo anterior permite un crecimiento rápido y un cosecha temprana, con más ciclos de cultivo en el año; dependiendo del tipo de cultivo, los rendimientos pueden llegar ser desde 25 hasta 230 plantas/m² (Osrini et al., 2010; Gruda et al., 2016). Además, si el sistema se maneja adecuadamente es posible evitar enfermedades y obtener plantas más sanas; incluso, se puede reutilizar la solución nutritiva para regar plantas del jardín.

Imagen 3.4. Sistemas hidropónicos simplificados de raíz flotante: (A) y (B), sistema de raíz flotante elaborado con una caja de madera forrada de plástico con cultivo de acelgas; (C) y (D), sistema de raíz flotante elaborado con cajas de plástico para almacenamiento con cultivo de lechuga y acelgas



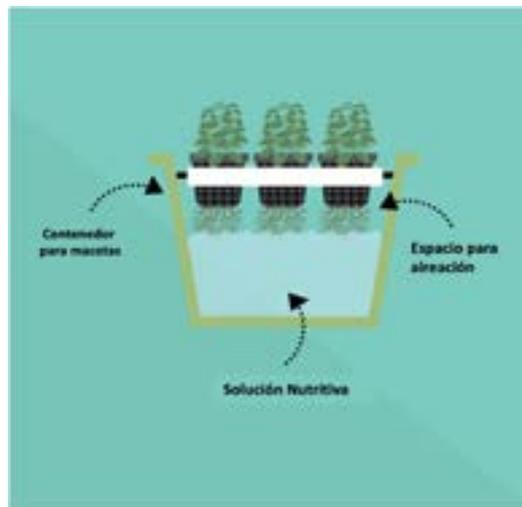
Fuente: Hernández Huerta (2022).

Técnica hidropónica simplificada Kratky

Esta técnica hidropónica consiste en la suspensión de plantas sobre un contenedor lleno con una solución nutritiva (Kratky, 2009). A medida que la

planta crece la solución nutritiva se reduce, creando un espacio de aireación cada vez mayor (figura 3.5). Los principales cultivos que se pueden producir bajo esta técnica son plantas de porte pequeño como lechuga, acelgas, apio, entre otros (imagen 3.6) (Kratky, 2005). Esta técnica es de bajo costo, ya que no se emplean temporizadores, bombas de aire, sistemas de monitoreo o mano de obra adicional (Kratky, 2009). Para el éxito del sistema, las raíces deben estar expuestas al aire, bajo un alto nivel de humedad; por su parte, el nivel de la solución nutritiva, que nunca se deberá de aumentar, puede permanecer igual o disminuir, sin reducirse nunca en su totalidad.

Figura 3.5. Esquema general de un sistema hidropónico Kratky



Fuente: modificado de <https://n9.cl/rwvbo>

Imagen 3.6. *Sistemas hidropónicos simplificados Kratky:*
(A) cultivo de acelga; (B) y (C) cultivo de pimiento en traspatio

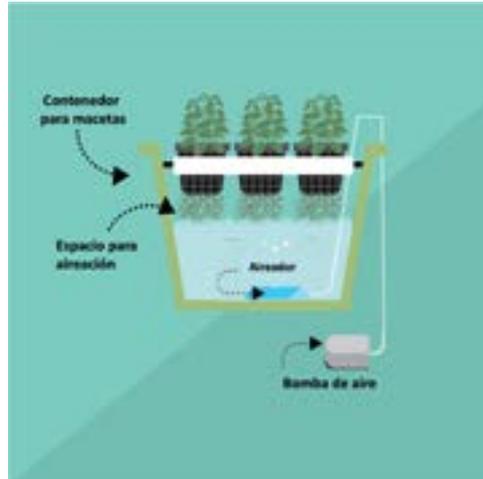


Fuente: Afterburn Grow.

Técnica hidropónica simplificada de cultivo en agua profunda (DWC)

La técnica de cultivo en agua profunda o *deep water cultivation* (DWC) es una de las técnicas hidropónicas más sencillas que se puede emplear en lugares con poca o ninguna disponibilidad de energía eléctrica. Los requisitos del sistema son simplemente un depósito de agua para suministrar nutrientes a las plantas, una plataforma de espuma de poliestireno para hacer flotar las plantas sobre la solución de nutrientes y una bomba de aire con una piedra de aire para oxigenar las raíces (figura 3.7) (Verner et al., 2022). Los sistemas hidropónicos son perfectos para cultivar hortalizas de hoja como lechugas, acelgas, albahaca, entre otras, porque estas plantas crecen rápidamente y usan mucha agua (imagen 3.8).

Figura 3.7. Esquema general de un sistema hidropónico DWC



Fuente: Modificado de <https://n9.cl/rwvbo>

Imagen 3.8. Sistemas hidropónicos simplificados DWC:
(A) cultivo de berenjena, (B) sistema DWC casero



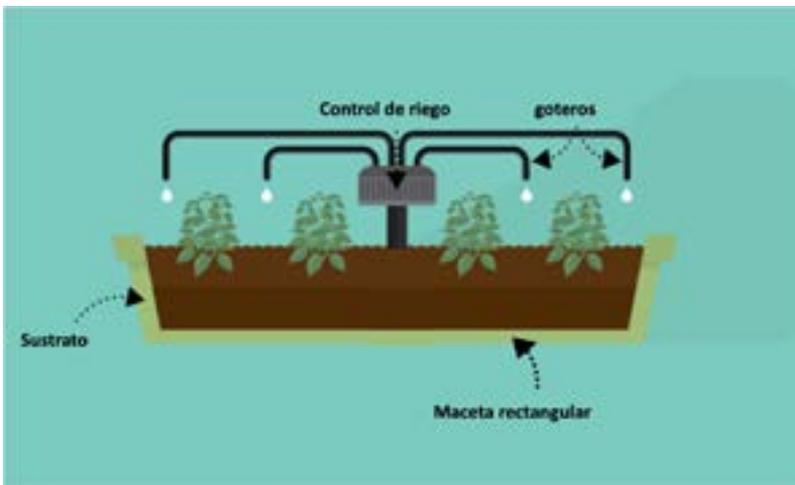
Fuente: Shop (2022).

Sistema semihidropónico en sustrato

Sistema semihidropónico en macetas

Este tipo de sistema hidropónico consiste en colocar las plantas en una maceta de cualquier material con algún tipo de sustrato que sirva de soporte para las raíces del cultivo; de manera que la solución nutritiva fluya y se quede entre las partículas del sustrato (figura 3.9).

Figura 3.9. Esquema general de un sistema semihidropónico en maceta con riego por goteo



Fuente: Modificado de <https://n9.cl/rwvbo>

El sustrato debe de retener el agua, tener buena aireación, ser inerte y tener facilidad de manejo (Canovas, 1995). El sustrato puede ser de cualquier material que cumplan con las características mencionadas; algunas opciones son: arena, tezontle, perlita, grava, entre otros (Hargrave, 1995). El sustrato debe durar mucho tiempo, no albergar microorganismos perjudiciales para el cultivo, ni semillas de malezas o plagas; tampoco debe ser reactivo con la solución nutritiva que se emplee. Se puede emplear un sistema de riego por goteo automatizado o realizarse de manera manual (imagen 3.10). Las plan-

tas que se pueden cultivar en sustrato son muy variables, desde frutales y hortalizas, hasta plantas medicinales u ornamentales, siendo los más comunes el cultivo de tomate, pimiento, melón, pepino y sandía (Resh, 2016).

Imagen 3.10. *Sistemas hidropónicos simplificados en macetas con perlita:* (A) cultivo de tomatillo, (B) cultivo de tomate, y (C) cultivo de pepino



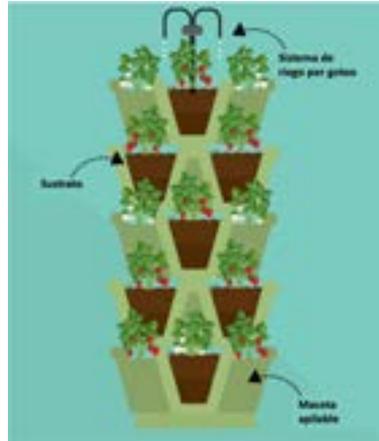
Fuente: Gutiérrez-Chávez (2020).

Sistema semihidropónico vertical

Este sistema de cultivo hidropónico está compuesto o bien de macetas apiladas, o bien de plantas distribuidas verticalmente en columnas de diversos materiales; cuenta con sustratos ligeros que sirven de soporte al sistema radicular y de un sistema de riego que suministra la solución nutritiva de manera intermitente (Rodríguez-Delfín y Chang, 2014). Las macetas pueden ser de materiales reciclados (PVC, bolsas, botellas) o de diseño comercial, pero deben ser lo suficientemente firmes para soportar el peso de las plantas y el sustrato húmedo (figura 3.11). Este tipo de sistema permite un alto rendimiento por unidad de superficie, pero se limita a cultivos de porte pequeño que permitan su apilamiento (imagen 3.12). Los principales cultivos que se producen son plantas de hojas, aromáticas, ornamentales de flor o follaje.

Sin embargo, una limitante es una buena iluminación, necesaria para obtener una alta producción; por ello se recomienda distribuir las torres de cultivo a no menos de un metro de separación (Rodríguez-Delfín, et al., 2017). Además, el riego puede ser manual o automatizado, pero debe ser frecuente, según la retención de agua del sustrato, el cultivo y el clima.

Figura 3.11. Esquema general de un sistema semi hidropónico vertical



Fuente: Elaboración propia (2023).

Imagen 3.12. Sistemas semihidropónicos simplificados verticales: (A) cultivo de acelga, (B) cultivo de lechuga, y (C) cultivo de fresa



Fuentes: (A) Gutiérrez-Chávez (2020); (B) Hernández-Huerta (2020) y (C) Rodríguez-Delfín et al. (2017).

Solución nutritiva

Los fertilizantes son esenciales en la hidroponía, ya que proporcionan a las plantas los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo. Los fertilizantes comerciales para hidroponía suelen estar disponibles en forma líquida o en polvo y se componen de una mezcla de nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio, así como de calcio, magnesio y hierro (cuadro 3.2) (Samperio, 2012).

Cuadro 3.2. *Fertilizantes químicos y su fórmula empleados en hidroponía simplificada*

<i>Nombre comercial del fertilizante</i>	<i>Fórmula</i>
Ácido bórico	H ₃ BO ₃
Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄
Cloruro de calcio	CaCl ₂ ·2H ₂ O
Cloruro de manganeso	MnCl ₂ ·2H ₂ O
Cloruro de potasio	KCl
Cloruro férrico	FeCl ₃ ·6H ₂ O
Dihidrofosfato amónico	NH ₄ H ₂ PO ₄
Fosfato amónico	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·2H ₂ O
Fosfato monocalcico	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄
Molibdato amónico	NH ₄ NO ₃
Nitrato amónico	Ca(NO ₃) ₂
Nitrato de calcio	KNO ₃
Nitrato de potasio	(NH ₄) ₂ SO ₄
Sulfato amónico	CaSO ₄ ·2H ₂ O

Fuente: Samperio (2012).

Es importante seguir las instrucciones del fabricante al aplicar los fertilizantes, ya que una dosis incorrecta puede dañar las plantas o incluso matarlas. Existen diferentes tipos de mezclas comerciales disponibles para diferentes etapas del ciclo de crecimiento de las plantas, como los fertilizantes para el crecimiento vegetativo y los fertilizantes para la floración. También existen mezclas especiales para plantas específicas, como los fertilizantes para tomates o los fertilizantes para orquídeas (Iriás-Banegas, 2003). Además, existen fertilizantes orgánicos disponibles para hidroponía, que

derivan de fuentes naturales como el estiércol de vaca o el guano de ave. Estos fertilizantes son una opción más natural para los cultivos hidropónicos, pero suelen ser menos concentrados y pueden requerir una aplicación más frecuente.

Estudios realizados por la Secretaría de Agricultura y Ganadería de Tegucigalpa, Honduras, sobre el cultivo hidropónico simplificado en áreas rurales, define y comparte cuál ha sido la solución nutritiva madre (cuadro 3.3) que les ha funcionado de manera exitosa (Irías-Banegas, 2003):

Cuadro 3.3. *Fertilizantes químicos y su fórmula empleados en hidroponía simplificada*

<i>Tipo de solución</i>	<i>Fertilizante</i>	<i>Cantidad g/10 L</i>
Solución A	Fosfato Amónico	600.0
	Fosfato de Magnesio	1630.0
	Sulfato de Potasio	30.0
	Nitrato de Potasio	2500.0
Solución B	Fertilom Combi	177.8
	Ácido Bórico	1.5
Solución C	Nitrato de Calcio	2380.0

Fuente: Irías-Banegas (2003). Las soluciones A, B y C, se disuelven cada una en 10 litros de agua.

Sustratos

Los sustratos empleados en hidroponía son muy variados y, según su disponibilidad, pueden ser baratos (cuadro 3.4). A continuación, enlistamos las principales características que deben cumplir los sustratos empleados en hidroponía simplificada (Marulanda y Izquierdo, 1994):

- El tamaño de partícula del sustrato debe ser de 0.5 a 7.0 mm.
- Debe tener una buena retención de humedad, con un buen drenaje de agua de riego o de lluvia.
- No deberá de desintegrarse fácilmente.
- No debe de liberar sustancias al sistema.
- No debe contener microorganismos perjudiciales para plantas y personas.

- Deberán de ser abundantes y fáciles de conseguir, transportar y manejar.

Cuadro 3.4. *Sustratos empleados en hidroponía simplificada*

<i>Sustrato</i>	<i>Origen</i>	<i>Características</i>	<i>Uso</i>
Perlita hortícola	Se forma a partir de roca volcánica expandida a muy alta temperatura (1.000 a 1.200 °C).	Es un sustrato muy liviano. Aporta poros de mayor tamaño que contribuyen a mejorar la aireación. La capacidad de retención de agua es limitada.	Puede utilizarse sola o en mezclas en proporción de 40 a 50%.
Lana de roca	Compuesto por una mezcla de rocas calentadas a 1.600 °C que forman unas fibras muy delgadas que luego son prensadas.	Al igual que la perlita, mejora la aireación fundamentalmente.	Su uso más frecuente es como sostén de las plantas en los sistemas hidropónicos, en reemplazo de la goma espuma.
Arena de río	Son arenas cuya granulometría oscila entre 0,5 y 2,0mm; son obtenidas de los lechos de los ríos. Es necesaria la desinfección antes del uso.	Se trata de un material algo heterogéneo con una buena capacidad de retención de agua. Su principal desventaja es el peso relativamente elevado.	Se utiliza en mezclas a razón de 30 a 40%.
Turba	Formada por restos vegetales en proceso de fosilización obtenidos de turberas.	Mejoran la capacidad de retención de agua. Presenta gran variabilidad y tienden a ser ácidas. Se degradan con facilidad.	Se usa en mezclas en proporción de 30 a 40%.
Cáscara de arroz	Proviene de la industria del arroz. Es conveniente la desinfección del sustrato antes de su uso.	Mejora la capacidad de aireación de la mezcla, pero su capacidad de retención de agua es baja.	En mezclas en proporción de 10 a 20%.
Corteza de pino	Proviene de la industria maderera.	La capacidad de retención de agua es baja pero su la aireación es elevada. Suelen ser materiales heterogéneos que se degradan. Es ligeramente ácida.	Se usa en mezclas en proporciones de 10 a 20%.
Vermiculita	Es un mineral natural del grupo de las micas. Se extrae de minas y luego se procesa con la exposición a alta temperatura (800°C) para eliminar impurezas.	Por el menor tamaño de poros tiene una elevada capacidad de retención de agua.	Se emplea sola o en mezclas en proporción de 40 a 50%.
Espuma fenólica	Es un sustrato inorgánico obtenido a partir de resina fenólica	Presenta un buen equilibrio entre capacidad de aireación y retención hídrica.	Es empleada para la producción de los plantines a partir de placas con divisiones y perforaciones.

Fuente: Castañares (2020).

Establecimiento de un sistema hidropónico simplificado

Al momento de establecer un sistema de cultivo hidropónico en traspatio es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones (Castañeda, 1997; Giraldo et al., 2013):

- El sitio donde se establecerá el sistema deberá tener sol al menos seis horas al día para lograr un buen desarrollo del cultivo.
- El sistema deberá estar protegido del ataque de animales domésticos con alguna barrera; además deberá de estar retirado de corrales de animales.
- Se deberá evitar la cercanía del área de cultivo con fuentes de aguas negras, letrinas o basureros que puedan contaminar las plantas o el agua del sistema.
- Se deberá contar con una fuente de agua limpia para la preparación de la solución nutritiva, la limpieza del sistema y la preparación de productos para el control de plagas o enfermedades.
- En lugares con mucha lluvia y vientos fuertes se deberá proteger los sistemas con alguna estructura que impida su destrucción.

Impactos de la hidroponía simplificada

Los sistemas semihidropónicos pueden ser empleados en áreas urbanas o rurales para el cultivo de hortalizas, plantas aromáticas o algunos frutales, empleando materiales asequibles y de bajo costo (Rodríguez et al., 2021). Por ejemplo, el empleo de arena para el cultivo de hortalizas como pepino y tomate permite obtener rendimientos de hasta 512 y 640%, respectivamente; además, la arena es económica, fácil de obtener, reduce el riesgo de plagas y enfermedades y se puede reciclar (Rodríguez et al., 2021).

Un estudio reciente ha demostrado que es posible cultivar hortalizas en sistemas hidropónicos simplificados de baja tecnología de forma rentable sin el uso de un invernadero (Gumisiriza et al., 2022). El sistema consistió en el diseño de una unidad hidropónica bajo el método Kratky (cultivo en agua sin

recirculación, sin empleo de bomba y electricidad) para la producción de lechuga, bajo condiciones no controladas, empleando materiales de bajo costo como madera y plásticos. Los resultados del estudio indican una tasa interna de retorno de 12.57%, un índice de rentabilidad de 1.1% y un periodo de recuperación de alrededor de 8 meses.

El establecimiento de huertos de traspatio, o huertos comunitarios, en zonas rurales o urbanas, además de la obtención de alimento, puede fomentar las relaciones de convivencia entre los participantes, reducción del estrés y elevación del autoestima (Artmann et al., 2017; Suchocka et al., 2019.). En 2016, un estudio realizado en una zona urbana muy pobre de la ciudad de El Cairo, Egipto, cuyo objetivo fue desarrollar y evaluar un sistema semihidropónico simplificado con base en cuatro sustratos (perlita, peatmoss, fibra de coco y arena) para el cultivo de tomate, mostró que este tipo de sistema era eficaz para mejorar la seguridad alimentaria en el área de estudio (Giro et al., 2016); además de garantizar altos niveles de producción y baja contaminación, al evitar el uso de suelos contaminados de la región.

Las técnicas hidropónicas simplificadas ofrecen la posibilidad de producir alimento a bajo costo en áreas rurales con niveles de pobreza altos, reduciendo el hambre (Bradley y Marulanda, 2000). La hidroponía simplificada reduce el requerimiento de tierra de cultivo en alrededor de 75%, y hasta 90% en consume de agua. Así mismo, los nutrientes empleados, a pesar de ser químicos, al estar contenidos en los sistemas, no son contaminantes, e incluso se pueden reciclar.

Conclusión

Los sistemas hidropónicos simplificados pueden ser una opción para la producción de hortalizas de calidad en zonas rurales con un mínimo de insumos y tecnología. Dependiendo de los recursos disponibles para la construcción de los sistemas hidropónicos simplificados, pueden ser muy económicos. La capacitación adecuada y la elección cuidadosa del sistema de producción son fundamentales para el éxito en la producción. La hidroponía simplificada es una tecnología asequible que puede ayudar a las personas a complementar su alimentación y, tal vez, contribuir a su eco-

nomía comercializando el excedente. La conservación del agua se hace evidente con la hidroponía simplificada al tener ahorros de hasta 80% del recurso; además de evitar la liberación de fertilizantes al medio ambiente. La hidroponía simplificada puede emplearse para reducir el hambre en zonas rurales. Sin embargo, a pesar de contar con casos de éxito en países de Latinoamérica, es indispensable realizar investigaciones en zonas semidesérticas rurales como en el estado de Chihuahua, donde la escasez de agua es prevalente y la diversidad cultural y de etnias podrían influir en la adaptación de esta tecnología.

Referencias

- Afterburn Grow (s. f.). *Kratky Grow Bucket (5Ltr)*. <https://afterburngrow.co.za/product/kratky-grow-bucket-5litre/>
- Agr1col@dmin (22 de mayo de 2020). La hidroponía crecerá de la mano de la exportación. *Redagícola*. <https://www.redagricola.com/pe/la-hidroponia-crecera-la-mano-la-exportacion/>
- Artmann, M., Chen, X., Ioja, C., Hof, A., Onose, D., Ponizy, L., Lamovšek, A. Z., y Breuste J. (2017). The role of urban green spaces in care facilities for elderly people across European cities. *Urban Forestry and Urban Greening*, 27, 203-213.
- Bradley, P., y Marulanda, C. (2001). Simplified hydroponics to reduce global hunger. *World Congress on Soilless Culture: Agriculture in the Coming Millennium* (pp. 289-296).
- Caldeyro Stajano, M. (2003). Social uses of simplified hydroponics by different populations. The family grown hydroponics vegetable garden as a food security and nutrition strategy for urban low-income population. A case study from Uruguay. *Practical Hydroponics and Greenhouses*, 73.
- Cánovas, F. (1995). *Manejo del cultivo sin suelo en: El cultivo del tomate*. Mundi-Prensa.
- Caputo, S. (2022). History, Techniques and Technologies of Soil-Less Cultivation. En . *Urban Agriculture* (pp. 45-86). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-99962-9_4
- Carrasco, G., e Izquierdo, J. (1996). *La empresa hidropónica de mediana escala: La técnica de la solución nutritiva recirculante (NFT)*. FAO/Universidad de Talca.
- Castañares, J. L. (2020). *El ABC de la Hidroponía*. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/8023/INTA_DireccionNacional_EEAAMBA_Casta%C3%B1ares_JL_ABC_de_la_hidroponia.pdf?sequence=1
- Castañeda, F. (1997). *Manual de cultivos hidropónicos populares: producción de verduras sin usar la tierra*. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.
- Comunidades CEPAL. (2023). <https://comunidades.cepal.org/ilpes/es>

- Dresher, A. W. (2004). Food for cities: Urban agriculture in developing countries. *Acta Horticulturae*, 643, 227-231.
- Fecondini, M., Damasio de Faria, A. C., Michelon, N., Mezzetti, M., Orsini, F., y Gianquinto G. (2009). Learning the value of gardening: results from an experience of community based simplified hydroponics in north-east Brazil. *II International Conference on Landscape and Urban Horticulture*, 881, 111-116.
- Figuroa, J., Izquierdo, J. (2002). *Agricultura Urbana en la Región Metropolitana de Santiago de Chile: Situación de las Empresas Familiares Hidropónicas-Estudio de Casos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Giraldo Vásquez, O., Vallejo, G., Fernando, L., Rodríguez, M., y Osorio Cardona, O. (2013). *Huertos hidropónicos caseros como alternativa para la producción de alimentos*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Giro, A., Ciappellano, S., y Ferrante, A. (2016). Vegetable production using a simplified hydroponics system inside City of Dead (Cairo). *Advances in Horticultural Science*, 30(1), 23-29.
- Gruda, N., Gianquinto, G., Tüzel, Y., y Savvas, D. (2016). Soilless culture. *Encyclopedia of soil science*.
- Gruda, N., y Tanny, J. (2014). Protected crops. En G. R. Dixon y D. E. Aldous (Eds.), *Horticulture plants for people and places* (pp. 327-405). Springer.
- Gumisiriza, M. S., Kabirizi, J. M., Mugerwa, M., Ndakidemi, P. A., y Mbega, E. R. (2022). Can soilless farming feed urban East Africa? An assessment of the benefits and challenges of hydroponics in Uganda and Tanzania. *Environmental Challenges*, 6, 100413. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100413>
- Gumisiriza, M. S., Ndakidemi, P. A., y Mbega, E. R. (2022). A simplified non-greenhouse hydroponic system for small-scale soilless urban vegetable farming. *MethodsX*, 9, 101882. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101882>
- Hardgrave, M. (1995). An evaluation of polyurethane foam as a reusable substrate for hydroponic cucumber production. *Acta Horticulturae*, 401, 201-208.
- Irías Banegas, O. (2003). *Hidroponía en área rural*. Secretaría de Agricultura y Ganadería Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. <https://acortar.link/MRmILR>
- Izquierdo, J. (2005). Simplified hydroponics: A tool for food security in Latin America and the Caribbean. *International Conference and Exhibition on Soilless Culture*, 742, 67-74.
- Kratky, B. A. (2005). Growing lettuce in three non-aerated, non-circulated hydroponic systems. *Journal of Vegetable Crop Production*, 11, 35-41. https://doi.org/10.1300/J484v11n02_04F
- Kratky, B. A. (2009). Three non-circulating hydroponic methods for growing lettuce. [Proceedings of the International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics]. *Acta Horticulture*, 843, 65-72.
- La potencia del sistema DWC. (s. f.). *The Weedtube*. <https://theweedtube.com/video/la-potencia-del-sistema-dwc-89973>
- Lee, S., y Lee, J. (2015). Beneficial bacteria and fungi in hydroponic systems: Types and

- characteristics of hydroponic food production methods. *Scientia Horticulturae*, 195, 206-215.
- López Elías, J. (2018). La producción hidropónica de cultivos. *Idesia (Arica)*, 36(2), 139-141. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005000801>
- Marulanda T., C., e Izquierdo, J. (1994). Manual técnico: *La huerta hidropónica popular. Curso audiovisual. Clase 1-2* (pp. 37-48). Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/27184>
- Mateo Sagasta, J., Zadeh, S. M., y Turrall, H. (2018). *More People, More Food, Worse Water? A Global Review of Water Pollution from Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Melgarejo, P., Martínez, J. J., Hernández, F., Salazar, D. M., y Martínez, R. (2007). Preliminary results on fig soil-less culture. *Scientia Horticulturae*, 111, 255-259.
- Orsini, F., Fecondini, M., Mezzetti, M., Michelon, N., y Gianquinto, G. (2010). Simplified hydroponic floating systems for vegetable production in Trujillo, Peru. *Acta Horticulturae*, 881, 157-161.
- Orsini, F., Michelon, N., Scocozza, F., y Gianquinto, G. (2009). Farmers to consumers pipeline: an associative example of sustainable soil-less horticulture in urban and peri-urban areas. *Acta Horticulturae*, 809, 209-220.
- Resh, H. M. (2016). *Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower*. CRC Press.
- Rodríguez Delfín, A., y Chang, M. (2014). *Manual práctico de hidroponía*. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, Universidad Nacional Agraria "La Molina".
- Rodríguez Delfín, A., Gruda, N., Eigenbrod, C., Orsini, F., y Gianquinto, G. (2017). Soil Based and Simplified Hydroponics Rooftop Gardens. En F. Orsini, M. Dubbeling, H. de Zeeuw y G. Gianquinto (Eds.), *Rooftop Urban Agriculture*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57720-3_5
- Rodríguez Quezada, G., González Rosales, G., Aguilar Murillo, X., López Amador, R., Villavicencio Floriani, E., Real Rosas, M., Angulo, C., y López, Aguilar, R. (2021). El cultivo semihidropónico en arena como técnica de producción de alimentos de traspatio para familias con carencia alimentaria agravada por COVID-19. *Recursos Naturales y Sociedad*, 7(3), 43-57. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2021.07.07.03.0005>
- Samperio Ruiz, G. (2012). *Hidroponía para dummies*. Planeta.
- Santos Hernández, A. L., Palacios Velez, E., Mejía Saenz, E., Matus Gardea, J. A., Galvis Spíndola, A., Vásquez Soto, D., y Peña Díaz, S. A. (2019). Análisis del uso del agua del acuífero Cuauhtémoc, Chihuahua, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 10(3), 156-189.
- Savvas, D., Gianquinto, G., Tüzel, Y., y Gruda, N. (2013). Soilless Culture. En W. Baudoin, R. Nono-Womdim, N. Lutaladio, A. Hodder, N. Castilla, C. Leonardi, S. de Pascale y M. Qaryouti (Eds.), *Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops – principles for Mediterranean climate areas* (pp. 303-354). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Schnitzler, W. H. (2012). Urban hydroponics for green and clean cities and for food se-

- curity. *International Symposium on Soilless Cultivation*, 13-26. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1004.1>
- Suchocka, M., Kosiacka-Beck, E., y Niewiarowska, A. (2019). Horticultural therapy as a tool of healing persons with disability on an example of support centre in Kownaty. *Ecological Questions*, 30(2), 7-18. <https://doi.org/10.12775/EQ.2019.013>
- Verner, D., Vellani, S., Goodman, E., y Love, D. C. (2022). Frontier Agriculture: Climate-Smart and Water-Saving Agriculture Technologies for Livelihoods and Food Security. *New Forms of Urban Agriculture: An Urban Ecology Perspective* (pp. 159-186). Springer Nature Singapore.