

CAPÍTULO 1

Introducción al cultivo hidropónico

José Beltrano

¿Qué es la hidroponía?

Hidroponía, es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo. La hidroponía permite en estructuras simples o complejas producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no, etc. A partir de este concepto se desarrollaron técnicas que se apoyan en sustratos (medios que sostienen a la planta), o en sistemas con aportes de soluciones de nutrientes estáticos o circulantes, sin perder de vistas las necesidades de la planta como la temperatura, humedad, agua y nutrientes. La palabra hidroponía deriva del griego HIDRO (agua) y PONOS (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. Sin embargo, en la actualidad se utiliza para referirse al cultivo sin suelo. La hidroponía es una herramienta que permite el cultivo de plantas sin suelo, es decir sin tierra. Un cultivo hidropónico es un sistema aislado del suelo, utilizado para cultivar plantas cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídrico-nutricionales, a través del agua y solución nutritiva. Con la técnica de cultivo sin suelo es posible obtener hortalizas de excelente calidad y sanidad, permitiendo un uso más eficiente del agua y los nutrientes. Basados en la experiencia, los rendimientos por unidad de área cultivada son altos debido a una mayor densidad, mayor productividad por planta y eficiencia en el uso de los recursos agua, luz y nutrientes. No es una metodología moderna para el cultivo de plantas, sino una técnica ancestral; en la antigüedad hubo culturas y civilizaciones que utilizaron esta metodología como medio de subsistencia. Generalmente asociamos esta forma de cultivo con grandes invernaderos para el cultivo de plantas y el empleo de la más compleja tecnología; sin embargo, los orígenes de la hidroponía fueron muy simples en su implementación. El desarrollo actual de la técnica de los cultivos hidropónicos, está basada en la utilización de mínimo espacio, mínimo consumo de agua y máxima producción y calidad.

La evolución y la hidroponía

El cultivo de plantas en un medio acuoso es anterior al cultivo plantas en tierra firme. Hace aproximadamente unos 4600 millones de años se formó la Tierra, las condiciones eran extremas, con temperaturas muy elevadas debido a la radiación proveniente del espacio exterior. En ese momento la atmósfera de este planeta en formación estaba saturada de hidrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono y vapor de agua entre otros componentes, y con un espesor insuficiente como para frenar los choques de meteoritos y de la radiación UV. Esta atmósfera reductora, carecía de oxígeno libre; el oxígeno existente estaba combinado con hidrógeno, metales y otros elementos químicos. Hace unos 4000 millones de años al bajar la temperatura del planeta, el vapor de agua se condensó y precipitó en forma de lluvias torrenciales, que al acumularse dieron origen a grandes masas de agua con sustancias disueltas. Mil millones de años más tarde, la Tierra ya albergaba seres vivos. Las constantes descargas eléctricas y el medio acuoso fueron la fuente de energía para que los elementos que se encontraban en ese océano primigenio se combinaran por medio de reacciones físicas y químicas, generándose algunas moléculas orgánicas, que luego fueron la base para la formación de otras más complejas, esenciales para la vida como fueron los hidratos de carbono, las proteínas, las grasas y los ácidos nucleicos como el ARN y el ADN. En este océano primitivo la acumulación y combinación de estas moléculas orgánicas, formaron sistemas más complejos que incorporaban moléculas que provenían del medio circundante. Oparín denominó a esos aglomerados como protobiontes, o coacervados, eran un agregado de moléculas unidas por fuerzas electrostáticas, que constituían un sistema similar a un ser vivo, ya que intercambiaban materia y energía en forma continua con el medio líquido que los rodeaba. Posteriormente, estos sistemas relativamente complejos, adquirieron la capacidad de crecer y reproducirse, y constituyeron los primeros organismos unicelulares. A partir de ese momento se asiste a una verdadera explosión evolutiva de la vida en la Tierra. Los primeros organismos eucariotas (con núcleo) aparecieron hace unos 1500 millones de años y los primeros pluricelulares hace unos 670 millones de años. En ese trayecto surge un proceso al que le debemos las condiciones actuales del planeta, la fotosíntesis. Proceso que ha sido esencial para el desarrollo de la mayor parte de la vida que predomina en la Tierra. Gracias a la fotosíntesis, el oxígeno comenzó a acumularse en la atmósfera, y en las capas altas se fue transformando en ozono, el cual tiene la capacidad de filtrar los rayos ultravioletas, nocivos para los seres vivos. Este sistema hidropónico natural en el que crecieron estos vegetales, en nuestros océanos primitivos, data aproximadamente de 570 millones de años, en el período Cámbrico de la Era Paleozoica. Con la proliferación de estos organismos fotosintéticos, la atmósfera primitiva reductora, se fue transformando en una atmósfera oxigénica (oxidante), con abundante oxígeno. Los primeros organismos pluricelulares aparecieron hace mas de 650 millones de años, y las plantas evolucionaron en paralelo con los animales. Cuando la capa de ozono alcanzó un espesor adecuado, los animales y vegetales pudieron abandonar la

protección que proporcionaba el medio acuático y el paso siguiente fue colonizar la tierra firme. Los anfibios por su parte, se originaron hace 300 millones de años, los mamíferos aparecieron hace un poco más de 75 millones y las aves surgieron hace 30 millones de años, finalmente el hombre hace su aparición y comienza a evolucionar hasta su forma actual hace entre 50 y 20 millones de años.

Historia de la hidroponía

La Hidroponía es una metodología que permite el cultivo de plantas sin tierra. Se inicia con el crecimiento de plantas en los océanos primigenios y otras grandes masas de agua, y data aproximadamente desde el tiempo que la tierra fue creada. El cultivo hidropónico es anterior al cultivo en tierra. Como herramienta de cultivo manejado por el hombre, muchos creen que empezó en la antigua Babilonia, en los famosos Jardines Colgantes que se conocen como una de las Siete Maravillas del Mundo Antiguo, en lo que probablemente fuera uno de los primeros intentos exitosos de cultivar plantas sin suelo. Además, existen referencias que esta técnica fue utilizada en la antigua China, India, Egipto, también la cultura Maya la utilizaba, y existen notas que fue utilizada por algunas tribus asentadas en el lago Titicaca; desarrollándose mucho más tarde a niveles muy elevados, en países con limitaciones serias de suelo y agua. Como la posible primera experiencia de cultivo hidropónico, hacia el año 600 A. C., el Rey Nabucodonosor II (Rey de los Caldeos), quiso hacer un regalo a su esposa Amytis, que añoraba el paisaje montañoso y verde del norte de Media (Oriente Medio) de donde procedía. Para demostrar su amor por ella Nabucodonosor II mandó a construir nada menos que los conocidos como Jardines Colgantes de Babilonia, aunque nunca se imaginó que estaba construyendo una de las Siete Maravillas del Mundo Antiguo. Esta espectacular obra de la ingeniería, de la arquitectura y del paisajismo, sería considerada muchos siglos más tarde como el primer cultivo hidropónico hecho por el hombre del que la humanidad tenga algún conocimiento. Los jardines colgantes fueron construidos entre el año 605 a. C. y el 562 a. C., en la ciudad de Babilonia, actual Irak, a orillas del río Éufrates y perduraron hasta el año 126 a. C., cuando la ciudad fue invadida y destruida. La antigua Babilonia, fue una ciudad de la Mesopotamia inferior o Baja Mesopotamia, estaba localizada a orilla del río Éufrates, mostraba el más extraordinario jardín en terrazas de piedra colocadas en forma escalonada, en las que se plantaron árboles, flores y arbustos, los que eran regados a través de una especie de noria que llevaba el agua desde un pozo o del río, hasta el lugar más alto del jardín, y por gravedad se regaba el resto de las terrazas. Aunque se han desarrollado diversos modelos arquitectónicos de su construcción, la realidad es que no se conoce con precisión el sistema utilizado. Los Jardines Colgantes no "colgaban" realmente. El nombre de "colgantes" proviene de una traducción del griego kremastos o del término en latín pensilis, que significa no exactamente "colgar" pero si "sobresalir", como en el caso de una terraza o de un balcón. El

geógrafo griego Estrabón, escribió sobre los jardines y comentó: “constan de terrazas abovedadas ahuecadas y llenas de tierra para permitir el cultivo de plantas de gran tamaño, alzadas unas sobre otras, que descansan sobre pilares cúbicos. Los pilares, las bóvedas, y las terrazas están construidas con ladrillo cocido”.



Los jardines estaban junto al palacio del Rey, próximos al río. En las terrazas se plantaron árboles traídos de lejanos países y rosales que florecían todo el año. La construcción se dividía en varios niveles o terrazas y en la última, se encontraba el depósito de agua. El agua era elevada desde el Éufrates, posiblemente por norias, ocultas o disimuladas dentro de la estructura de las terrazas. Existen referencias que indican que se acarreó tierra fértil de los huertos de Bagdad, a orillas del Tigris y que un inmenso depósito de agua extraída del Éufrates mantenía la frescura y humedad del suelo. Nada queda ya de estos jardines.



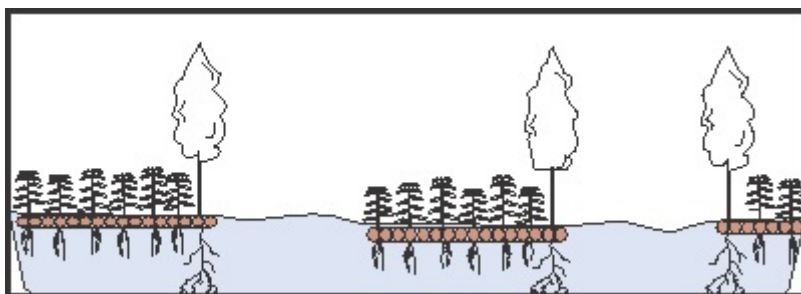
Hasta el lugar que ocupó Babilonia fue ignorado por muchos años. Grupos de investigación hoy han determinado el sitio preciso de su emplazamiento. Otras referencias indican que los aztecas fueron la primera civilización, en territorio americano, en usar la agricultura hidropónica como sistema de producción y de supervivencia, a través de los denominados Jardines Flotantes. Los aztecas de Centroamérica, fueron forzados a ubicarse hacia la orilla pantanosa del Lago Tenochtitlán, localizado en el gran valle central de lo que es actualmente México, y estas poblaciones maltratadas por sus vecinos más poderosos, que les negaron tierra cultivable, sobrevivieron desarrollando innovadoras modalidades de cultivo de plantas en medios líquido como fue la superficie del lago Tenochtitlán.

Como consecuencia de la falta de tierra, decidieron cultivar plantas con los materiales que tenían a mano; en lo que debe haber sido un largo proceso de prueba y error, construyeron balsas de cañas y/o palos, dragaban tierra del fondo del lago y la colocaban en las balsas. Debido a que la tierra venía del fondo del lago, era rica en restos orgánicos y nutrientes, sobre la que se cultivaban flores y verduras, en la superficie de lagos y lagunas del Valle de México. Estas balsas, llamadas Chinampas, permitían cosechas abundantes de verduras y flores. En algunas oportunidades se unían varias balsas para formar islas flotantes de varios metros de largo. Esta técnica mediante el uso de las Chinampas ocupó gran parte de lo que era el lago de Xochimilco.



En algunos casos, la balsa era atravesada con estacones de sauce para que sus raíces crecieran hasta la tierra firme, para su anclaje en el fondo del lago o laguna y la superficie flotante era sembrada con frutas, hortalizas y flores. Se trataba de una técnica cuyo máximo

desarrollo se consiguió en el siglo XVI. Al llegar los conquistadores al Nuevo Mundo, la vista de estas islas los asombró, el paisaje de árboles, flores y otros vegetales aparentemente suspendidos en el agua los dejaba perplejos. William Prescott, el historiador que escribió las crónicas de la destrucción del imperio azteca por los españoles, describió las Chinampas como "Asombrosas Islas de Verduras, que se mueven como las balsas sobre el agua". Las Chinampas continuaron siendo usadas en el lago hasta el siglo XIX, aunque en menor número.



De igual forma, los Jardines Flotantes de China, son considerados ejemplos hidropónicos, al igual que las formas de cultivo que se emplearon en Cachemira. Se afirma también, que existen jeroglíficos egipcios, de cientos de años AC que describen el cultivo de plantas en agua a lo largo del Nilo a través de un primitivo esquema hidropónico. Actualmente, más del 70% de la vegetación existente en el planeta es hidropónica, ya que un elevado porcentaje crece naturalmente en los océanos y otros cuerpos de agua. En síntesis, el cultivo de plantas sin suelo, puede ser desarrollado de la manera más simple y económica, hasta la más compleja y costosa.

La nutrición de los vegetales y los cultivos hidropónicos

En la medida en que el hombre comienza a participar de estos sistemas de cultivo de plantas para pasar de cultivos circunstanciales de supervivencia o demostrativos a cultivos comerciales, el sistema se va complejizando. Además, el grado de conocimiento necesario para llevar adelante el cultivo con éxito, es mayor. Veamos en un resumen el desarrollo de la nutrición vegetal y los cultivos hidropónicos a través del tiempo: Aristóteles (384-322 A. C.) y Teofrasto (327-287 A. C.) iniciaron los primeros experimentos de nutrición vegetal. Más tarde, Dioscórides realizó estudios botánicos en épocas anteriores al siglo 1. Varios siglos después, Leonardo Da Vinci, (1452-1519), el genio más grande del renacimiento, fue atraído a investigar sobre la anatomía y los componentes de las plantas. Pero el intento científico documentado más antiguo para descubrir los componentes y los nutrientes de las plantas fue en 1600 cuando el belga Jan Baptista Van Helmont (1557-1644), mostró en un experimento que las plantas obtienen sustancias del suelo y del agua. Él plantó un retoño de sauce de 5 libras (2,26

kg) en un recipiente que contenía 200 libras (90 kg) de tierra seca la cual fue cubierta para mantenerla aislada del polvo, después de 5 años de riego regular con agua de lluvia encontró que el retoño del sauce había aumentado su peso a 160 libras (72,5 kg), mientras la tierra perdió menos de 2 onzas (56 gr). Su conclusión, fue que las plantas obtienen sustancias del agua para su crecimiento, despreció la disminución del suelo y no detectó que las plantas también requieren dióxido de carbono y oxígeno del aire. El primer trabajo científico publicado sobre crecimiento de plantas sin suelo fue, de sir Francis Bacon en *Sylva sylvarum* (1627), a partir del cual, esta técnica se comenzó a utilizar en investigación. Más tarde, el naturalista, geólogo y anticuario, John Woodward (1665-1728), profesor de la Universidad de Cambridge, hacia 1699, cultivó plantas de menta, en agua que contenían varios tipos de tierra disuelta; es decir, Woodward sin saberlo, había desarrollado la primera solución nutritiva, y observó que las plantas crecían peor en agua destilada que en agua con suelo o agua sucia y encontró que el mayor crecimiento ocurrió en agua con la mayor cantidad de "buena" tierra. Puesto que se sabían poco de química, él no pudo identificar los elementos específicos que causaban el crecimiento. Concluyó, por tanto, que el crecimiento de las plantas era el resultado de ciertas sustancias y minerales, contenidos en el "agua enriquecida" con tierra. En 1804, Nicolás De Saussure (1767-1845), científico Suizo, publicó los resultados de sus investigaciones, indicando que las plantas están compuestas de minerales y elementos químicos obtenidos del agua, tierra y aire. En 1842 se publicó una lista de nueve elementos considerados esenciales para el crecimiento de las plantas.

Esto fue verificado por Jean Baptiste Boussingault (1851), un científico francés que en sus experimentos con medios de crecimiento inertes, alimentó plantas con soluciones acuosas de combinaciones de elementos puros. Estableció que las plantas contienen nitrógeno y otros elementos minerales, y obtienen todos los nutrientes requeridos de los elementos de la tierra; pudo entonces identificar los elementos minerales y las proporciones necesarias para perfeccionar el crecimiento de la planta y lo que fue un descubrimiento aún mayor, publicó numerosas tablas sobre la composición de las cosechas, y calculó la cantidad de varios elementos removidos por hectárea. El origen de las soluciones nutritivas tiene sus antecedentes históricos en cultivos en agua desarrollados por el irlandés Robert Boyle en el año 1665. Otros avances significativos a la hidroponía fueron desarrollados en el s.XIX por autores como Sprengel, Liebig, Sachs y Knop. Carl. S. Sprengel (1787-1859) y A. F. Wiegman (1771-1853), profundizaron las investigaciones, sobre la nutrición de las plantas, al publicar los resultados de sus investigaciones definen los 15 elementos químicos necesarios para el desarrollo de vegetales y comprobaron que aunque un suelo tuviese los minerales necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas, el sistema podía ser improductivo, si faltaba algún elemento esencial, o si este se encontraba presente en muy baja cantidad. Simultáneamente, Justus Von Liebig (1803-1873), investigador alemán, desarrolló su ley del mínimo y afirmó que el suelo aportaba compuestos solubles e inorgánicos para el crecimiento de las plantas. Posteriormente, fisiólogos europeos avanzaron en el conocimiento y

demonstraron que las plantas podían cultivarse en un medio inerte humedecido con una solución acuosa que contuviese los minerales requeridos para las plantas. De los descubrimientos y avances en los años 1859 a 1865 la técnica fue perfeccionada por dos científicos alemanes, Julius Von Sachs (1860) y W. Knop (1861); Knop ha sido llamado "El Padre de la Cultura del Agua." En 1860 el profesor Julius Von Sachs publicó la primera fórmula estándar para una solución de nutrientes que podría disolverse en agua y en la que podrían crecer plantas con éxito. Esto marcó el fin de la larga búsqueda del origen de los nutrientes vitales para las plantas, dando origen a la "Nutricultura". Técnicas similares se utilizan actualmente en estudios de laboratorios de fisiología y nutrición de plantas. El término "hidroponía" fue acuñado 1929, donde William F. Gericke, profesor de la Universidad de California, Davis, define el proceso como "agua que trabaja". Gericke publicó sus trabajos en 1940 como una técnica casi comercial y aparentemente acuñó la palabra de hidropónico para designarlos. En 1948 Withrow y Withrow, de la Universidad de Purdue, y describen lo que llamaron nutriculture: como una serie de soluciones nutritivas para el cultivo de plantas sobre sólidos inertes como soportes para las plantas. Investigaciones posteriores sobre nutrición de plantas demostraron que el crecimiento normal de las plantas puede ser logrado sumergiendo las raíces en una solución que contenga sales de nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio y magnesio, que junto al carbono, hidrógeno y oxígeno que la planta toma del aire componen los que se conocen comúnmente como macronutrientes o elementos mayores. Con el refinamiento de las técnicas de laboratorio, se descubrieron otros ocho elementos requeridos por las plantas en cantidades relativamente pequeñas, denominados micronutrientes o elementos menores. Estos incluyen al hierro, cloro, manganeso, molibdeno, boro, zinc, cobre y nickel. En años siguientes, numerosos investigadores desarrollaron fórmulas básicas diversas para el estudio de la nutrición de las plantas. Algunos de los que trabajaron en esto fueron Tollens (1882), Totttingham (1914), Shive (1915), Hoagland (1919), Deutschmann (1932), Trelease (1933), Arnon (1938) y Robbins (1946). Muchas de sus fórmulas todavía se usan en investigaciones de laboratorio sobre nutrición y fisiología de las plantas. En resumen la hidroponía es un método de cultivar plantas sin la necesidad de suelo agrícola proveyéndole a la planta los nutrientes esenciales o necesarios, para que esta lleve a cabo completamente su ciclo de vida, a través de lo que se conoce como una Solución Nutritiva y/o un medio, bajo condiciones controladas. Según el Prof. Perez-Melian (1977), una solución nutritiva es una solución acuosa que contiene oxígeno y todos los nutrientes disueltos. Los nutrientes pueden ser aportados por sales o fertilizantes comerciales. Los iones en solución guardan una relación que está marcada por factores de tipo químico y fisiológico, en función de las necesidades nutritivas de un determinado cultivo.

Se puede hacer una distinción entre sistemas los hidropónicos:

1. Cultivos sin sustrato, donde se realiza el cultivo sin sustrato (técnica de la solución nutritiva recirculante (NFT), aeroponía), donde "los nutrientes están disueltos en agua los cuales son llevados en contacto con las raíces directamente. En este sistema el agua es

aireada o se permite que las raíces y la solución estén en contacto con el aire. En esta técnica se provee soporte a la planta mediante enganches o cables metálicos. Algunos ejemplos de este tipo de sistema hidropónico son “NFT o Nutrient Film Technique”, “Tanque nutritivo”, “Mist System” entre otros.

2. Cultivo en agregado (Aggregate Culture), donde los nutrientes están disueltos en agua los cuales son transportados hasta las raíces. En este sistema las raíces están creciendo en un medio sólido inerte capaz de retener suficiente humedad, pero que drene el exceso y que permita una aireación adecuada. Algunos medios sólidos utilizados en este tipo de sistemas son perlita, vermiculita, arena, arcilla expandida, gravilla, musgo, cascarilla de arroz, turba, etc. Para los sistemas de cultivo hidropónico es de importancia que la solución nutritiva contenga todos los elementos necesarios y en la composición correcta. La composición correcta depende del cultivo y de su fenología.

Ventajas de los cultivos hidropónicos:

Cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminación.

Reducción de costos de producción.

Independencia de los fenómenos meteorológicos.

Permite producir cosechas en contra estación

Menos espacio y capital para una mayor producción.

Ahorro de agua, que se puede reciclar.

Ahorro de fertilizantes e insecticidas.

Se evita la maquinaria agrícola (tractores, rastras, etcétera).

Limpieza e higiene en el manejo del cultivo.

Mayor precocidad de los cultivos.

Alto porcentaje de automatización.

Mejor y mayor calidad del producto.

Altos rendimientos por unidad de superficie

Aceleramiento en el proceso de cultivo

Posibilidad de cosechar repetidamente la misma especie de planta al año

Ahorro en el consumo del agua

Productos libres de químicos no nutrientes.

La hidroponía permite atender necesidades alimenticias sin pensar en grandes emprendimientos, ya que podemos lograr cultivos hidropónicos en casa, en el jardín o en la azotea ya sean hortalizas, flores y hasta pequeños arbustos o frutillas, permitiendo obtener los productos para una alimentación saludable y con una buena forma de terapia ya que ayuda a bajar los altos niveles de estrés. Una de las ventajas que tiene la hidroponía sobre el cultivo en tierra es que permite una mayor concentración de plantas por metro cuadrado. Esto es muy

notorio cuando cultivamos plantas como por ejemplo fresas y lechugas, así como también al cultivar forraje hidropónico. Existe un control sobre la nutrición vegetal gracias al uso de soluciones nutritivas; permitiendo obtener un fruto estandarizado, de mejor tamaño y calidad. En muchos casos, el tiempo de desarrollo de la planta se acorta, como por ejemplo, en las lechugas, donde en tierra su ciclo antes del consumo es de aprox. 3.5 meses, cuando en hidroponía, en la técnica hidropónica de raíz flotante las podemos cultivar en tan solo 1.5 meses a partir de su germinación. Un cultivo hidropónico consume una cantidad mucho menor de agua que un cultivo en tierra, ya que en el cultivo en tierra el 80 % del riego se infiltra a las capas inferiores del terreno y otro porcentaje del riego se evapora; mientras que en un cultivo hidropónico se evita totalmente la infiltración del agua así como gran parte de la evapotranspiración, ya que el cultivo se realiza en general en locales cerrados, con humedad relativa elevada. Al cultivar por hidroponía, se obtienen cultivos con mejor sanidad y calidad. Es por esto que es tan importante trabajar sobre un sustrato desinfectado, ya que la hidroponía nos da la oportunidad de trabajar sobre un medio estéril, lo cual es valorado por los consumidores. El producto hidropónico se coloca muy bien en cualquier mercado gracias a sus características distintas como color, sabor y tamaño, además de mayor vida en anaquel. Este sistema tiene aun un mercado virgen en Argentina.

Desventajas del cultivo hidropónico sobre los cultivos en tierra

La hidroponía cuenta con algunas desventajas que son casi imperceptibles como el costo inicial el cual resulta algo elevado, y la idea que se requiere un conocimiento mayor para llevar adelante la producción, sin embargo esto es discutible, ya que cualquier persona lo puede hacer ya sea un ama de casa, un niño o un físico matemáticos.

El pasado

Hidroponía se define como la ciencia de cultivo de plantas en solución nutritiva o con uso de un medio inerte, como arena gruesa, turba, vermiculita o aserrín al que se agrega una solución nutritiva que contiene todos los elementos esenciales requeridos por las plantas para su normal crecimiento y desarrollo. Puesto que muchos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio que contiene material orgánico como turba o aserrín, son a menudo llamados "cultivos sin suelo", mientras que aquellos con la cultura del agua serían los verdaderamente hidropónicos. Hoy, la hidroponía es el término que describe las distintas formas en las que pueden cultivarse plantas sin suelo. Estos métodos, incluyen el cultivo de plantas en recipientes llenos de solución y cualquier otro medio distintos a la tierra. - incluso la arena gruesa, vermiculita y otros medios más exóticos, como piedras aplastadas o ladrillos,

fragmentos de bloques de carbonilla, entre otros. Hay varias excelentes razones para reemplazar la tierra por un medio estéril, se eliminan plagas y enfermedades contenidas en la tierra y la labor que involucra el cuidado de las plantas se ve notablemente reducida. Una característica importante al cultivar plantas en un medio sin tierra es que permite tener más plantas en una cantidad limitada de espacio, las cosechas serán más uniformes y seguras, los frutos serán más precoces y producirán rendimientos mayores, el agua y los fertilizantes pueden volver a utilizarse, además, el cultivo en hidroponía permite ejercer un mayor control sobre las plantas, con resultados más uniformes y seguros. Una de las dificultades principales con este método está asociado al suministro de oxígeno en la solución nutritiva. Las plantas pueden agotar el oxígeno disuelto en la solución, y por esta razón es indispensable un suministro continuo a la solución a través de algún método de aireación. Después de un periodo incierto en el que promotores poco escrupulosos intentaron cobrar por la idea vendiendo de puerta en puerta equipos inútiles y materiales poco adecuados, una investigación más práctica fue llevada a cabo y se estableció la hidroponía con base científica legítima para el cultivo de hortalizas, con el consecuente reconocimiento de sus dos ventajas principales: cosechas de alto rendimiento y calidad y de utilidad especial en regiones no cultivables del mundo. El primer triunfo comercial de los cultivos hidropónicos ocurrió cuando Pan American Airways decidió establecer un centro de cultivos hidropónicos en la distante Isla Wake en medio del Océano Pacífico para proporcionar suministros regulares de verduras frescas a los pasajeros y tripulaciones de la aerolínea. Al final de los años cuarenta, Robert B. y Alice P. Withrow trabajaban en la Universidad de Purdue desarrollaron un método hidropónico más práctico. Ellos usaron arena gruesa inerte como medio de sostén, inundando y drenando alternativamente la arena en un recipiente, dieron aire a la solución nutritiva y a las raíces. Este método se conoció después como el método de la arena gruesa o grava para hidroponía, a veces también llamado Nutricultura. La primera de varias grandes granjas hidropónicas se construyó en la Isla de Ascensión en el Atlántico Sur. Las técnicas desarrolladas en Ascensión se usaron más tarde en varias instalaciones en las islas del Pacífico como Iwo Jima y Okinawa. En la Isla de la Estela, un atolón en el oeste de Océano Pacífico de Hawái, sitios en los que normalmente no es posible producir cosechas debido a la naturaleza estéril del terreno. La fuerza aérea de EEUU construyó pequeñas "camas de crecimiento" que se transformaban en áreas cultivables. Además, generó una sección especial de hidroponía que produjo más de 4.000 toneladas de productos frescos durante 1952. También establecieron las instalaciones hidropónicas más grandes del mundo, un proyecto de 22 hectáreas en Chofu, Japón. Después de la Segunda Guerra Mundial, se construyeron varias instalaciones comerciales en los Estados Unidos, la mayoría de éstas se localizaron en Florida. El uso comercial de la hidroponía, creció y se extendió a lo largo del mundo en los años cincuenta a países como Italia, España, Francia, Inglaterra, Alemania, Suecia, la URSS e Israel. Uno de los muchos problemas encontrados por los pioneros de la hidroponía fue causado por el hormigón usado para las camas de crecimiento. La cal y otros elementos afectaban la solución nutritiva, además, la estructura de

metal también fue afectada por los elementos en la solución. En muchos de estos viveros se utilizó tubería galvanizada y los depósitos metálicos, no sólo se vieron corroídos muy rápidamente sino que elementos tóxicos para las plantas se añadían a la solución nutritiva. A pesar de estos problemas el interés en la cultura hidropónica continuaba por varias razones: Primero no se necesitaba tierra, y una gran cantidad de plantas se podían cultivar en un área pequeña. Segundo al alimentar las plantas apropiadamente se lograba una producción óptima. Con la mayoría de las verduras se aceleró el crecimiento y, como regla, la calidad era mejor que la obtenida en verduras cultivadas en tierra. Los productos hidropónicos tenían vida comercial mayor, así como mayor calidad de almacenaje. En el Lejano Oriente empresas norteamericanas tienen la producción de vegetales, para alimentar al personal de perforación en el desierto de varias compañías petroleras en la India Oriental, el Medio Este, las zonas arenosas de la Península árabe y el Desierto del Sahara; en áreas estériles, fuera de la Costa venezolana, en Aruba y Curazao, y en Kuwait los métodos sin suelo han encontrado inestimable valor para asegurar a los trabajadores alimento limpio, fresco y saludable. En los Estados Unidos, existen cultivos hidropónicos comerciales extensos que producen grandes cantidades de alimentos, especialmente en Illinois, Ohio, California, Arizona, Indiana, Missouri y Florida. Además de los grandes sistemas comerciales construidos entre 1945 y los años sesenta, se hizo mucho trabajo en unidades pequeñas para los apartamentos, casas, y patios, para cultivar flores y verduras, muchos de éstos no eran un éxito completo debido a factores como sustratos inadecuados, uso de materiales impropios, técnicas inadecuadas y poco o ningún control medioambiental, además de un escaso conocimiento de los operadores. Existía la convicción creciente que la perfección de este método de producción de alimentos era completamente esencial por la baja producción de los suelos y el aumento constante de la población mundial. Estudios recientes han indicado que hay más de un millón de unidades hidropónicas caseras que operan en los Estados Unidos para la producción de alimentos. Rusia, Francia, Canadá, Sudáfrica, Holanda, Japón, Australia y Alemania están entre otros países donde la hidroponía está recibiendo la atención que merece. Adicionalmente al trabajo realizado para desarrollar sistemas hidropónicos para la producción de verduras, un trabajo similar se ha dirigido a desarrollar un sistema para producir alimento para ganado y aves. Los investigadores determinaron que los granos de cereal podrían cultivarse muy rápidamente de esta manera. Usando granos como cebada, ellos demostraron que 5 kg de semilla pueden convertirse en 35 kg de alimento verde en 7-10 días. Cuando se utilizó como suplemento a las raciones normales, este alimento verde era extremadamente beneficioso para todos tipos de animales. En animales productores de leche, aumentaron la producción. En las porciones de alimento, la conversión fue mejor y se lograron ganancias a menor costo por kg de grano. El sistema desarrollado hasta este punto era capaz de producir de forma consistente; sin embargo, varios problemas se presentaron. Los primeros sistemas tenían poco o ningún control medioambiental, y sin el control de temperatura o humedad había una fluctuación constante en la proporción de crecimiento de hongos, eran un problema constante. Además, se

demonstró que el uso de semilla desinfectada con un porcentaje de germinación alto era absolutamente esencial para lograr una buena cosecha.

La expansión de los cultivos hidropónicos

El real auge o interés sobre la aplicación práctica comercial de este sistema de cultivo sin suelo, no llegó hasta cerca de 1925, cuando la industria de los invernaderos comenzó a desarrollarse. El uso continuo del suelo en los invernaderos y la necesidad de cambiar la tierra con frecuencia para evitar los problemas de estructura, toxicidad, salinización, enfermedades, etc.; hizo que los investigadores comenzaran a valorar el uso potencial del cultivo en medios artificiales, para remplazar los de cultivo en los suelos convencionales. Múltiples experiencias permitieron asumir que se podía prescindir del suelo y se comenzó a vislumbrar el gran potencial que esta herramienta representaba para la agricultura, lo que posteriormente condujo su expansión a nivel comercial. Uno de los investigadores que más influyó en este campo, fue William Frederick Gericke, quien a estos sistemas de nutricultura los llamó "hidroponía" al unir las raíces griegas *hydro* (agua) y *ponos* (trabajo), fue el primero en sugerir que los cultivos en solución se utilizasen para la producción agrícola y llevó a cabo experimentos a gran escala. Su trabajo es considerado la base para todas las formas de cultivo hidropónico, aunque se limitó principalmente al cultivo en medio líquido sin el uso de sustrato para el crecimiento de las raíces. Cultivó con éxito tomates, lechugas y verduras de raíces y tubérculos como remolachas, rábanos, zanahorias y papas, también frutas, plantas ornamentales y flores. El profesor Gericke, utilizaba tanques grandes en los que colocaban mallas finas de alambre, que sostenía las raíces de las plantas y les permitía llegar a la solución de nutriente, las plantas eran sostenidas por un sistema de hilos y tutores, tal como se observa en la actualidad en invernáculos comerciales. Gericke causó sensación al hacer crecer tomates y otras plantas en soluciones minerales y que alcanzaron tamaños iguales o mayores que los cultivados en tierra. En la Universidad de California, logró plantas de tomates de hasta 7 metros de altura, aunque demostraba que su sistema era un poco prematuro para utilizarlo comercialmente. Los informes sobre estos trabajos y las afirmaciones de Gericke, que la hidroponía revolucionaría la agricultura, provocaron un alud de peticiones de información adicional. Fueron muchos los inconvenientes que encontraron los "cultivadores de hidroponía" con el sistema de Gericke, ya que exigía conocimiento técnico e ingeniosidad o audacia de parte del operador. Gericke escribió el libro, *Complete Guide to Soilless Gardening* (Guía Completa del Cultivo sin Suelo). Más tarde, Dennis R. Hoagland y Daniel I. Arnon (Fisiólogos) escribieron un boletín sobre agricultura en 1938 y desarrollaron varias fórmulas para soluciones de nutrientes. Algunas como la de Hoagland se utilizan aun en la actualidad.

La hidroponía y la producción de alimentos en gran escala

Antes de 1930, la mayoría del trabajo hecho sobre cultivos sin suelo se orientó a laboratorios para fines experimentales. Nutricultura, quimicultura, y acuicultura eran otros términos usados para describir la cultura del cultivo sin suelo. Entre 1925 y 1935 tuvo lugar un desarrollo modificando las técnicas de laboratorio de nutricultura a la producción de cosechas a gran escala. En definitiva, los experimentos realizados por Gericke lograron un gran impacto y fueron profusamente difundido por la prensa, como "El Descubrimiento del Siglo", lo que motivó un gran interés de los norteamericanos por tener cultivos similares en sus casas y fincas; sin embargo, este sistema exigía conocimiento técnico, que la mayoría de los usuarios no poseían. Estos primeros sistemas o experimentos tenían poco o ningún control sobre el medio ambiente, en consecuencia había una fluctuación constante en la magnitud del crecimiento, y la presencia de hongos patógenos era común que ocurriese. No obstante estos y otros inconvenientes, se continuó trabajando para perfeccionar un sistema que podría producir alimentos de manera continua. Se debería proponer un nuevo sistema en el que la practicidad y simplicidad deberían ser las características predominantes. En 1936, Gericke y J. R. Travernetti publicaron sus experimentos de cultivos de tomates en solución nutritiva, lo que motivó el interés por parte de empresas comerciales, científicas y agrónomos de otras universidades e instituciones. Desde ese momento, empezaron a surgir unidades hidropónicas a gran escala que se extendieron por Estados Unidos, Europa, Israel, Japón, India, México, etc. Finalmente, uno de los primeros éxitos verificable de la hidroponía ocurrió durante la segunda guerra mundial cuando las tropas estadounidenses que estaban en el Pacífico, en islas donde no había posibilidades de obtención de hortalizas y era extremadamente caro y riesgoso transportar las hortalizas desde el continente, pusieron en práctica cultivar hortalizas sin suelo, por métodos hidropónicos a gran escala para proveer de verduras frescas a sus tropas. La técnica de Gericke, con algunas modificaciones, fue utilizada por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos para proveer de verduras frescas, a las tropas acantonadas en islas coralinas del Pacífico, hacia 1945. El Ministerio Británico de Agricultura también se interesó por la hidroponía y la utilizó en su campaña "Grow-More-Food" (Cultivar Más Comida), entre 1939 y 1945, en plena II Guerra Mundial. El Ministerio, en 1945 estableció una plantación hidropónica en la base militar del desierto de Habbaniya en Irak, y en la isla de Bahrein en el Golfo Pérsico. La hidroponía también ha sido empleada por muchas compañías petroleras y mineras que trabajan en lugares remotos e inhóspitos, en donde la agricultura tradicional no permitiría garantizar la producción de vegetales y hortalizas para su personal. Se conocen emprendimientos de esta naturaleza en Lejano Oriente, en la India Oriental, el Medio Oriente, las zonas arenosas de la Península árabe y el Desierto del Sahara. En 1946, Sholto Douglas llevó la hidroponía a la India y con investigadores locales realizó los primeros experimentos en la Granja Agrícolas de Kalimpong, en el Distrito de Darjeeling (Bengala), sin embargo, en principio, resultó un sistema complejo para el grado técnico de los usuarios. En la década del 80, la NASA realizó

investigaciones extensivas para su CELSS (acrónimo en inglés -Controlled Ecological Life Support System- Sistema de Soporte de Vida Ecológica Controlada, con la dirección del Profesor Frank Salisbury). El Ejército Norteamericano, después de la II Guerra Mundial, continuó cultivando verduras hidropónicas en muchas de sus bases militares durante más de 20 años y aún hoy, emplea esta técnica en muchos lugares del mundo. A partir de 1950 el incremento de las plantaciones hidropónicas se extendió por todo el mundo y en especial ha servido para ampliar y habilitar áreas en las que la agricultura tradicional era difícil de practicar (zonas desérticas, contaminadas, con poca disponibilidad de agua, etc.). Se destacan plantaciones en países como Japón, Holanda, Francia, Inglaterra, Nueva Zelanda, Australia, Alemania, Italia, España, Suecia, Rusia, Sudáfrica e Israel. La posibilidad de cosechar plantas sin tierra fue considerada en la segunda mitad del siglo pasado; y en la actualidad es uno de los sistemas más empleados en países del primer mundo. En Europa, los productos hidropónicos son los más aceptados por ser 100 por ciento orgánicos. Con esta técnica, que no ataca ni altera el medio ambiente, se pueden cultivar verduras, frutas, flores, plantas aromáticas y ornamentales de excelente calidad y en espacios reducidos.

El difícil manejo de los nutrientes

La absorción de nutrientes es un factor importante en el cultivo de plantas de cualquier tipo. Las raíces deben absorber lo que la planta necesita para crecer sana y de un tamaño conveniente. Cuando se cultiva en suelo, las raíces crecen continuamente, para buscar los nutrientes, el agua y el aire en el suelo. En esto invierte una cantidad considerable de la energía. En el cultivo hidropónico, las raíces están continuamente en contacto con las cantidades apropiadas de nutrientes, ya que se plantan en un medio de crecimiento muy adecuado. El exceso de energía la planta la utiliza para desarrollar las partes superiores, incluyendo las flores y los frutos.

Cosecha

Una de las principales ventajas de la hidroponía sobre la agricultura tradicional es la capacidad de obtener un mayor rendimiento. Según algunos autores, la hidroponía resulta en una cosecha que es de dos a 10 veces el de las mismas plantas que se cultivan tradicionalmente. Este aumento del rendimiento se produce en menor tiempo y en menor espacio que en la agricultura tradicional.

Control de Malezas, plagas y enfermedades

La hidroponía elimina la posibilidad del suelo infestado con plagas. Dado que no utiliza el suelo, no hay lugar para que las malezas compitan con el cultivo. Desafortunadamente, puede ser rápida la propagación de enfermedades de plantas en los sistemas hidropónicos. Dado que las plantas o el cultivo está conectado por el sistema de suministro de agua y nutrientes, una planta enferma introducida en el sistema puede propagar rápidamente su problema a todas las demás.

El presente

Esta técnica ha alcanzado un alto grado de sofisticación en países desarrollados. Los nuevos materiales permitieron, por ejemplo, el desarrollo a escala comercial de la agricultura protegida (cultivos en invernadero); el modernismo permitió la introducción de los más recientes avances de la electrónica, la informática (hardware y software) para el control y ejecución de actividades y de las nuevas tecnologías en comunicaciones e información geográfica, que han hecho de la automatización del cultivo hidropónico una realidad y una tendencia cada vez más generalizada con los consecuentes beneficios económicos y de manejo. El conocimiento de las necesidades y las exigencias de los cultivos teniendo en cuenta su uso por el hombre, hace que esta herramienta se transforme en un elemento con un cierto grado de complejidad, para su manejo con eficiencia. La relación entre la fenología de los cultivos y su nutrición es compleja, hay muchas cosas por mejorar, la nutrición vegetal es y debe ser cada vez más precisa. Además, el hecho que, el avance tecnológico, ha permitido la instalación de invernaderos para plantaciones hidropónicas en los lugares más remotos del planeta, hace que en cada lugar (latitud, longitud, entorno, etc.) para asegurar el éxito de la actividad se deben realizar los correspondientes ajustes. Aunque, debemos tener presentes que al ser más eficientes los métodos de ventilación y circulación del aire, se ha logrado un mayor control de la temperatura, lo que conduce a la obtención de más y mejores cosechas. El adelanto en el conocimiento tanto básico (necesidades fisiológicas, nutrientes esenciales, fenología del cultivo, genética, etc.) como aplicado (densidad del cultivo, fechas de siembra y plantación, arquitectura de las plantas, etc.) han sido los impulsores para incrementar el área bajo exploración y explotación de los cultivos hidropónicos. La adaptación de muchos lugares del mundo para realizar construcciones destinadas a sistemas de cultivos hidropónicos, impuso la necesidad de conocer en profundidad como controlar el microclima del invernadero a través de modernos equipos y software adecuados, con considerables incrementos en la producción mundial de hortalizas, verduras y flores. Los sistemas hidropónicos ideados por el hombre, nacen ante algunas necesidades o deseos muy especiales. Como fue comentado, los Jardines Colgantes de Babilonia son una respuesta de amor a la esposa de Nabucodonosor, mientras

los cultivos flotantes en los lagos aztecas, en las Chinamcas, surge como una necesidad de supervivencia ante el ataque a las poblaciones vecinas a los lagos de Tecnochtlan, hoy la hidroponía se vislumbra como una solución a la creciente disminución de las zonas agrícolas producto de la contaminación, la desertización, el cambio climático, el crecimiento desproporcionado de las ciudades y áreas urbanas; y el continuo aumento poblacional. Es por ello que la inventiva responde a otras necesidades y hoy algunos supermercados en Estados Unidos y Japón, tienen plantaciones hidropónicas en sus techos, y sus clientes tienen la posibilidad de escoger directamente las hortalizas que llevarán. En otros casos, el modernismo nos permite alguna sofisticación o exageración de aparente excentricismo y en ese caso nos encontramos con Bell, Book & Candle, un pequeño restaurante en medio del West Village, en Manhattan que se diferencia de los demás por tener un huerto enorme en la azotea del edificio. Su chef John Mooney sólo cocina productos orgánicos de su propia huerta. Los vegetales utilizados son frescos y obtenidos a partir de cultivos hidropónicos. La ciudad de Nueva York albergará el mayor techo de Estados Unidos con una huerta urbana, ubicada en la azotea del antiguo almacén de la Armada en el sector neoyorkino de Brooklyn. El autor de esta iniciativa, Bright Farms, es una novedosa compañía que se dedicará a cultivar frutas y verduras en las azoteas de los edificios para disminuir así la enorme huella de carbono que implica el transporte de los alimentos desde las zonas rurales hacia los supermercados céntricos. Se espera que este jardín urbano, de más de 3 mil metros cuadrados, produzca un millón de libras anuales de vegetales cultivados con la técnica hidropónica, incluyendo tomates, lechugas y otras hortalizas. De esta forma Nueva York, que ha apoyado la agricultura urbana desde hace años, se convertirá en pionero de la iniciativa de huertas urbanas para surtir a los supermercados. Hoy, la hidroponía es vista como una de las más fascinantes ramas de la ciencia agronómica y es responsable de la alimentación y de la generación de ingresos para millones de personas alrededor del mundo. Con los avances en los procesos de desalinización del agua marina, están desarrollándose extensos complejos hidropónicos en islas y regiones costeras en los más diversos lugares del planeta.

Con el desarrollo del plástico, la hidroponía dio otro paso adelante. Si hay un factor al que podría acreditársele el éxito de la industria hidropónica de hoy, ese factor es el plástico. Como ya se mencionó, uno de los problemas encontrado en todos los sistemas era la constante contaminación de la solución. Con el advenimiento de la fibra de vidrio y los plásticos, los tipos diferentes de vinilo, los polietilenos y muchos otros, este problema fue virtualmente eliminado. Los plásticos libraron a los cultivadores de construcciones costosas y pesadas como las "camas de concreto" y los tanques usados anteriormente. Una premisa básica para tener presente sobre la hidroponía es su simplicidad. Además del progreso logrado con el uso del plástico y el definitivo aumento de la producción por a las mezclas nutrientes mejoradas, otro factor de gran importancia para el futuro es el desarrollo económico y uso de hardware para el control ambiental de los invernaderos. Además de un mejor y mayor control medioambiental, el uso de nuevos materiales como polietileno, películas de polivinilo, y láminas de fibra de vidrio

translúcidos introdujeron métodos completamente nuevos de construcción de invernaderos a bajo costo. Éstos dieron una amplia gama de opciones al constructor para cubrir unidades de diferentes longitudes y han desarrollado nuevas formas, tamaños, y configuraciones. La combinación del control medioambiental y los sistemas hidropónicos mejorados han sido los principales responsables del crecimiento de la industria durante los últimos veinte años, y no hay duda que la hidroponía tendrá gran importancia en la alimentación del mundo en el futuro. La hidroponía se ha vuelto una realidad para cultivar en invernaderos en todos los climas. Grandes instalaciones hidropónicas existen a lo largo del mundo para el cultivo de flores y verduras. Los tomates y pepinos han demostrado ser las cosechas más exitosas. Las coles, rabanitos y porotos también han funcionado muy bien. Con hidroponía no hay necesidad de tierra y la eficiencia en el uso del agua es muy superior al de un cultivo convencional. Los productores hidropónicos del futuro usarán el techo de edificios para instalar sistemas comerciales. Sin embargo, los invernaderos de azoteas se usan solamente para la producción de verduras. Hoy, la hidroponía es una rama establecida de la ciencia agronómica, que ayuda a la alimentación de millones de personas; estas unidades pueden encontrarse en los desiertos de Israel, Líbano y Kuwait, en las islas de Ceylan, las Filipinas, en las azoteas de Calcuta y en los pueblos desérticos de Bengala Oriental. En las Islas Canarias, hay cientos de hectáreas cubiertas con polietileno que alojan tomates cultivados hidropónicamente. La cobertura plástica ayuda a reducir la pérdida de agua de las plantas por transpiración y las protege de tormentas súbitas. Estructuras como estas pueden usarse también en áreas como el Caribe y Hawaii. La mitad del tomate en la Isla de Vancouver y un quinto del de Moscú son producidos hidropónicamente. Los parques zoológicos grandes mantienen sus animales saludables con alimentos hidropónicos, y muchos caballos de raza se mantienen con forraje producido de esta manera. Los cultivadores comerciales están usando esta técnica para producir alimento a gran escala de Israel a India, y de Armenia al Sahara. En las regiones áridas del mundo, como México y el Medio Este, donde el suministro de agua fresca está limitado, están desarrollándose complejos hidropónicos combinados con unidades de desalinización para usar agua del mar como una fuente alternativa. Los complejos se localizan cerca del océano y las plantas son cultivadas en arena de playa. En otras áreas del mundo, como el Medio Este, hay poca tierra apta para cultivar debido al desarrollo de la industria del petróleo y el flujo subsecuente de riqueza, la construcción de instalaciones hidropónicas grandes para cultivar y alimentar a la población en estas naciones resulta muy valiosa.

Los cultivos hidropónicos y el urbanismo

Los cultivos hidropónicos se incrementaron, ya que al prescindir del suelo incorporaron a la producción grandes áreas urbanas de espacios reducidos (techos, patios, etc.); la

producción por unidad de área es mayor, más limpia y generalmente más sana; las plantas crecen y se desarrollan en un período de tiempo menor, son de mejor calidad y se conservan más atractivas por más tiempo en el estante. El sistema permite cosechar lechugas cada 21 días usando lámparas de alta intensidad de descarga que simulan la luz solar directa. Las técnicas de cultivo sin suelo (CSS) son hoy utilizadas a gran escala en los circuitos comerciales de producción de plantas. Por estas razones, se planteó el desafío de convertir a la hidroponía en un sistema simple y económico que permitiera cultivar con éxito hortalizas, verduras y otras plantas. En los últimos años, el área mundial destinada a la producción hidropónica se ha incrementado considerablemente. Se estima más de 50.000 hectáreas se dedican a la producción hidropónica en el mundo. El sistema mayormente utilizado es el sistema de riego por goteo (90%) empleando como sustrato lana de roca (60%) y sustratos inorgánicos (20%) y orgánicos (10%). Sistemas en agua NFT (Nutrient Film Technique) (7%) y raíz flotante (3%). Los cultivos hidropónicos más rentables son tomate, frutilla, lechuga, espinaca, y flores para corte. Con el común denominador de hidroponía, se hace referencia al sistema que muestra un contacto directo de la raíz con la solución nutritiva prescindiendo de cualquier sustrato. Se ha desarrollado numerosos sistemas de cultivo con soluciones más o menos ingeniosas que permiten que la raíz se aparte en mayor o menor medida de situaciones estresantes. El método hidropónico utiliza cualquier recipiente previamente desinfectado con agua clorada: desde macetas, tubos de PVC enteros o partidos por la mitad, cajas de madera recubiertos con pinturas especiales o láminas plásticas, hasta invernaderos. Dentro del envase se depositan sustratos como grava, arena, piedra pómez, aserrín, arcillas expansivas, carbones, cascarilla de arroz o perlita, estos servirán de apoyo a la planta, o no se coloca nada en los cultivos a raíz flotante. El método es sencillo: se inserta la semilla en un medio que le aporte humedad, se riega con solución nutritiva hasta que la semilla germine y emerja la plántula, luego se trasplanta a su lugar definitivo. Con esta técnica se consiguen vegetales de mejor color, tamaño y valores nutritivos. Al no depender del clima, el producto puede estar en el mercado en cualquier época del año, lo cual es una gran ventaja frente a los cultivados de manera tradicional al aire libre. El precio de los productos hidropónicos generalmente es más elevado por su calidad visual como aspecto comercial (se la observa con muy buen color y limpieza). Esta actividad es una alternativa que permite cultivar en todos los medios y espacios; lo esencial es entregar a la planta a través de la solución (líquido) lo que esta necesita para su adecuada nutrición y controlar la luz y la temperatura.

El futuro

La Hidroponía Popular involucra un cúmulo de conocimientos y desarrollos científicos que se han codificado en un lenguaje sencillo y de fácil comprensión por cualquier persona que desconozca la técnica y que le permite iniciar una experiencia en cualquier espacio soleado de

su vivienda o en sus alrededores, cultivando así hortalizas, verduras o flores de corte. El futuro de las grandes ciudades es actualmente uno de los temas de debate. Se dice que en el año 2050 el 80% de la población mundial residirá en centros urbanos, lo que pone en duda el modelo de crecimiento actual, que no está pensado para satisfacer las nuevas necesidades de la población. El suministro de energía o de agua, el transporte, la gestión de los residuos o los propios sistemas constructivos deberán cambiar para acercarse a un modelo más sostenible, para dar forma a lo que se ha dado en llamar “ciudades inteligentes”. Uno de los problemas que se plantean en las grandes ciudades o centros distantes de los lugares de producción, es el suministro de verduras y hortalizas frescas, hecho que ha abierto nuevos horizontes a estos sistemas de cultivo sin suelo. Los visionarios de la economía ya han hecho sus apuestas y han empezado a difundir un nuevo modelo de cultivo: las granjas verticales (“Vertical Farm”). Éstas “Vertical Farm” consisten en cultivar los vegetales en edificios, en lugar de hacerlo en los campos o en los invernaderos. Esto permite evitar el transporte de alimentos a largas distancias, hecho que consume grandes cantidades de energía fósil. Uno de los expertos que ha dado a conocer esta tecnología es el Dr. Dickson Despommier, de la Universidad de Columbia en Nueva York, principal difusor del concepto de la tecnología “Vertical Farm”. El objetivo es cultivar hortalizas en edificios, o zonas de edificios, adecuados para ello. El cultivo hidropónico (o cultivo sin suelo), es decir cultivar plantas sobre un medio de cultivo o sustrato que sirve de soporte a las raíces y donde se proporciona a las plantas, a través del agua de riego, los elementos nutritivos que necesitan. Por otro lado, como las plantas necesitan luz para la fotosíntesis, ésta se puede aportar mediante iluminación artificial, en la medida que no se disponga de la luz natural suficiente, a través de energías limpias (aerogeneradores, placas solares, etc.). Esta idea (Vertical farm) de cultivo urbano de hortalizas, está bajo estudio o revisión permanente, en numerosas Universidades del mundo. Los estudios son llevados a cabo por equipos multidisciplinarios, con especial participación de agrónomos, ecólogos, fisiólogos y economistas. La incorporación del concepto de ciudad inteligente, la idea de esta nueva modalidad de provisión de alimentos para las nuevas urbes superpobladas, comienza a ser una realidad. Esta herramienta permite el suministro de verduras desde área próximas o muy próximas, aunque no convencionales (patios, terrazas, paredes, etc) a los grandes centros de consumo (hogares, mercados). Las ideas del huerto hidropónico familiar, el huerto hidropónico urbano, la Vertical farm, son sin dudas ideas muy innovadoras y conducen a un sistema de vida diferente, en un paisaje en el que cada uno de los actores comenzará a desarrollar un rol preponderante. Esto es, cada uno de los participantes deberá contemplar desde una óptica sistémica, este nuevo paisaje, luego la producción de alimentos y la sustentabilidad del sistema deberán estar bajo evaluación permanente. Los cultivos hidropónicos también se emplean para la producción de forraje principalmente, para aves y animales herbívoros de granjas. La hidroponía se introdujo a la industria del cultivo de flores, como una alternativa para el manejo de problemas sanitarios, en especial los causados por *Fusarium oxysporum*. Hoy el cultivo hidropónico de clavel, rosas, alstroemerias y muchas otras

especies florícolas es muy común. En Holanda y otros países con alto grado de desarrollo en cultivos intensivos las técnicas de CSS han avanzado, desarrollando industrias conexas y numerosas tecnologías relacionadas con el desarrollo de medios de cultivo como la perlita, la vermiculita, turba, arena y otros medios apropiados. La NASA la ha utilizado desde hace aproximadamente 30 años para alimentar a los astronautas. Hoy en día las naves espaciales viajan seis meses o un año. Los tripulantes durante ese tiempo comen productos vegetales cultivados en el espacio. La NASA ha producido con esta tecnología (Controlled Ecological Life Support System) desde hace mucho tiempo, desarrollando esta tecnología, para la base proyectada en Marte.

El invernadero del futuro

El método aplicado para el 'cultivo hidropónico' y entre sus mayores innovaciones, se encuentra la sustitución del suelo agrícola por soluciones minerales que contribuyen al desarrollo de una cosecha más optimizada y rentable porque dura todo el año. En la práctica, las raíces reciben una solución nutritiva equilibrada disuelta en agua con todos los elementos químicos esenciales para el desarrollo de las plantas. Es una técnica que facilita la planificación del cultivo de los productos porque mantienen a las hortalizas más tiempo en su fase de producción. Este sistema incorpora cuerdas –denominadas tutores– cuya misión es la de sujetar verticalmente y en suspensión las plantas de cultivo. No se trata de un sistema de cultivo vertical. Entre las principales ventajas que aporta el sistema hidropónico figura la capacidad que ofrece esta técnica de conservar las propiedades asociadas al sabor, textura, color y olor de las futuras hortalizas, que logran mantenerse completamente intactas. A esta prestación se une la posibilidad de llevar a cabo el cultivo de las hortalizas en instalaciones cerradas y monitoreadas a través de un sistema informatizado. Además, el sistema hidropónico permite también poder reutilizar drenajes que nos son vertidas en el entorno natural. A este beneficio podemos añadir la posibilidad de poder controlar enfermedades y plagas de las plantas; para ello podemos contrarrestar mejor la acción nociva de hongos y bacterias. En esta línea, el sistema facilita el control biológico con el uso de pequeños insectos depredadores que eliminan los pulgones y gusanos, cuya presencia es muy nociva para la calidad del producto final. La hidroponía de precisión es una ciencia y un arte que ha tomado relevancia en los últimos 50 años. Esta herramienta se ha consolidado como una de las alternativas agrícolas más promisorias. Será la manera de producción de alimentos en la Era Espacial y de los Viajes Interplanetarios, pero también es la herramienta para transformar los paisajes más inhóspitos del planeta en áreas de esparcimiento y con alta capacidad de producción. Los cultivos hidropónicos continuarán siendo un medio seguro y previsible para la producción de alimentos en los submarinos atómicos, en las estaciones de investigación y monitoreo localizadas en alta mar; continuará desarrollándose para garantizar la sobrevivencia de los seres humanos en el

espacio al suministrarle alimento, oxígeno, atrapar del dióxido de carbono, filtrar el agua residual de las naves espaciales y lograr perpetuar la vida más allá de nuestro planeta. La hidroponía acompañada de las decisiones políticas adecuadas, podría convertirse en una herramienta fundamental para luchar contra la pobreza, el hambre y la desnutrición en las áreas o países menos desarrollados del planeta. Existen planes en Instituciones de bien público en que la hidroponía juega un papel importante no solo en lo que hace a la producción de alimentos, sino además en la motivación de grupos marginados socialmente o con capacidades diferentes. La hidroponía es una alternativa a tener en cuenta para incorporar a la producción extensas y crecientes áreas desérticas, contaminadas e inundadas o inundables, producto de la mala utilización de los recursos naturales en nuestro planeta. El crecimiento de las plantas cultivadas en hidroponía es superior al de las plantas en las condiciones convencionales de cultivo, esto hace que la obtención de plantines o plántulas de diversas especies cultivadas en vivero tengan una respuesta muy favorable a los cultivos hidropónicos, se ha demostrado que el crecimiento de especies semileñosas y leñosas es entre tres a cuatro veces mayor en las plántulas cultivadas mediante el sistema hidropónico, comparadas con las desarrolladas en el sistema tradicional. Un cultivo hidropónico realizado en un área confinada y climatizada nos permite asumirlo como un sistema altamente repetible en sus condiciones experimentales, en consecuencia se ha constituido en una de las herramientas más valiosas para la investigación y la enseñanza de la biología, la fisiología vegetal, la ecología y la botánica, para estudiantes en escuelas, laboratorios y universidades en todo el mundo. Además, será el sistema preferido por todas aquellas personas que tienen como hobby el cultivo casero de plantas ornamentales y hortalizas. Finalmente un capítulo a recordar es que en trabajos de investigación, un cultivo hidropónico le permite al operador exponer las plantas cultivadas a las condiciones experimentales más extremas y cambiantes en cortos tiempos y le permite cuantificar cada alternativa. En consecuencia, es una herramienta ampliamente utilizada por la ingeniería genética, ya que encontrará en los cultivos hidropónicos el medio más adecuado para evaluar la bioseguridad de las plantas sometidas a modificaciones genéticas (OMG), antes de ser liberadas para su cultivo en campo abierto y obviamente en condiciones altamente cambiantes.

¿Cuáles son los mitos más comunes de la hidroponía y el cultivo de plantas?

Con la hidroponía las plantas producen una mayor cantidad de frutos.

Este es un dicho muy común, donde la mayoría de las personas que está por iniciar un proyecto de hidroponía supone que con la hidroponía la planta producirá más frutos; sin embargo esto no es verdad.

No todas las plantas se pueden cultivar en hidroponía, especialmente los árboles.

La hidroponía tiene un principio simple. Colocar a la planta en un ambiente inerte y a partir de ahí, nosotros controlar su nutrición. Este principio parte del cultivo en tierra, que es el medio en el que todas las plantas se desarrollan, por lo que si se puede dar en tierra, se puede dar en hidroponía.

La técnica hidropónica de raíz flotante solamente sirve para lechugas.

Es real que en la mayoría de los casos, vemos utilizar la técnica hidropónica de raíz flotante exclusivamente con lechugas; sin embargo dicha técnica puede funcionar con la mayoría de las plantas que su desarrollo sea superficial. Esto significa que la técnica puede funcionar con plantas como el melón, el pepino, etc. y no es apta para plantas como por ejemplo la papa, la cebolla, zanahoria.

Tengo que ser biólogo, químico o agrónomo para poder cultivar por hidroponía.

La hidroponía surge para facilitar el cultivo de plantas de una manera más rápida y controlable, hoy está al alcance de todo aquel que tenga un espacio que reciba luz directa, sin importar su profesión aunque si importa su dedicación.

Tener en cuenta los pro y los contra antes de decidir entre la agricultura tradicional o hidroponía.

Las plantas que crecen en hidroponía representan una gran parte de las frutas, verduras y flores frescas que consumen todos los días. La hidroponía significa que se cultivan sin suelo, es decir utilizando otro sustrato o una solución de agua y nutrientes, así como con luces para su crecimiento. Su cuota importante de participación en el mercado es un claro indicador de que la hidroponía se ha establecido bien en el mundo moderno como una alternativa a la agricultura tradicional.

Conocimiento y puesta en marcha

Para aquellos que no están familiarizados con la hidroponía, el proceso puede parecer extraño y difícil de entender. Los interesados en él pueden aprender con relativa facilidad, ya que no es más que una forma diferente del crecimiento tradicional. Es necesario saber acerca de las necesidades específicas de nutrientes de las plantas para tener éxito con un sistema de cultivo hidropónico. Mientras que la agricultura tradicional tiende a ser más condescendiente con aquellos que no conocen las necesidades específicas de las plantas, para tener éxito con el cultivo hidropónico se requiere el conocimiento de cómo funciona el sistema y lo que las plantas necesitan.

Bibliografía

- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal. 651 pág. McGraw-Hill-Interamericana de España. 2da. Edición.
- Canovas, F.; Díaz, J.R. 1993. Cultivos Sin suelo. Curso Superior de Especialización. Ed. Instituto de Estudios Almerienses. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería. Almería.
- Canovas, F.; Magna, J.J.; Boukhalfa, A. Cultivos sin suelo. Hidroponía. En Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos del Sureste español. Ed. Instituto de la Caja Rural de Almería. Almería.
- Cultivos sin suelo II. 1999. Dirección General de Investigación y Formación Agraria de la ExJunta de Andalucía. 2da edición actualizada.
- Durany Ulises, C. (1982). Hidroponia-Cultivo de plantas sin tierra. 4th de. Barcelona. Spain, Ed. Sintesis. S.A. (p. 106)
- Epstein, E. (1972). Mineral nutrition of plants; principles and perspectives. New York: Wiley.
- Golberg, A. D. (2008). El agua. De la molécula a la biósfera. 231 pág. Alberto Daniel Golberg y Alicia Graciela Kin 1ra ed. Santa Rosa: Base 1.
- Guzmán Díaz, G. A. (2004 mayo). "Hidroponía en casa: una actividad familiar". San José, C. R. MAG. 25 pp. [en línea]. Consultado el 20 de septiembre de 2014 en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/Hidroponia.pdf
- Howard, M. Resh, P. (1997). Cultivos Hidropónicos. Nuevas técnicas de producción. Cuarta edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Barcelona. Mexico.
- La Huerta Hidropónica Popular. Manual Técnico y Curso audiovisual. 2004. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 4ta edición ampliada y revisada.
- Montaldi, E.R.(1995). Principios de Fisiología Vegetal. 298 pág. Ediciones Sur.
- Taiz, L. y Zeiger, E. (2006). Plant physiology. 3ra.Ed 758 pág. Sinauer Associates, Inc. Publisher.