

MANUAL DEL CURSO · AGRICULTURA

Manual de hidroponía

Sustratos, solución nutritiva, riego, invernadero y sistemas de cultivo sin suelo



Lee este manual online, gratis y sin registro

academia-formacion.com/manual-curso-hidroponia/

Cuando termines, haz el examen y obtén tu certificado en academia-formacion.com

Índice

Toca un título para saltar directamente a esa parte del manual.

MÓDULO I	Introducción a la hidroponía	3
	Unidad I. ¿Qué es la hidroponía?	3
	Unidad II. Cronología: cómo nació la técnica	3
	Unidad III. Ventajas y desventajas	4
MÓDULO II	Componentes del sistema, planta y raíz	5
	Unidad I. Componentes de un sistema hidropónico	5
	Unidad II. La planta	5
	Unidad III. La raíz y sus condiciones óptimas	5
MÓDULO III	Sustratos y contenedores	7
	Unidad I. El sustrato: tipos y clasificación	7
	Unidad II. Propiedades del sustrato	8
	Unidad III. El sustrato ideal y las espumas hidropónicas	8
	Unidad IV. El contenedor	9
MÓDULO IV	Solución nutritiva, riego y drenaje	10
	Unidad I. La solución nutritiva y los nutrientes	10
	Unidad II. Soluciones nutritivas típicas	10
	Unidad III. Factores que afectan a la solución nutritiva	11
	Unidad IV. Cómo preparar una solución nutritiva	12
	Unidad V. Riego y drenaje	13
MÓDULO V	Condiciones ambientales e invernadero	14
	Unidad I. Luz, temperatura, humedad y CO ₂	14
	Unidad II. Control del clima: el invernadero	15
MÓDULO VI	Sistemas de cultivo en sustrato	16
	Unidad I. Qué es un sistema hidropónico	16
	Unidad II. Cultivo en sustrato	16
MÓDULO VII	Sistemas de cultivo en solución y aeroponía	18
	Unidad I. Cultivo en solución: condiciones	18
	Unidad II. Técnicas de cultivo en solución	19
	Unidad III. NFT: la película nutritiva	19
	Unidad IV. New Growing System (NGS) y aeroponía	20
MÓDULO VIII	Glosario	21
	Anexo. Glosario de términos	21

UNIDAD I

¿Qué es la hidroponía?

La **hidroponía** es la técnica de cultivo **sin suelo**. A la planta se le suministran agua y nutrientes mediante una **solución nutritiva completa** y se le dan las condiciones necesarias para que crezca y se desarrolle mejor.

! OBJETIVO DE LA LECCIÓN

Conocer qué es la hidroponía, cómo ha evolucionado y cuáles son sus ventajas y desventajas antes de montar un sistema.

UNIDAD II

Cronología: cómo nació la técnica

- 1 Antecedentes antiguos.** Los aztecas fueron la primera civilización en usar con eficacia una agricultura próxima a la hidropónica, con las **chinampas**: islas de cultivo sobre el lago de Texcoco. Usaban tierra, que aporta gran parte de los nutrientes, algo que no encaja en el concepto actual, pero el trabajo con el agua responde al principio básico de la hidroponía.
- 2 1699.** John Woodward cultivó plantas en agua y vio que crecían peor en agua destilada que en aguas menos purificadas: las sustancias procedentes del suelo influían en el crecimiento.
- 3 1804.** De Saussure expuso que las plantas se componen de elementos químicos tomados del agua, del suelo y del aire.
- 4 Década de 1860.** Los botánicos alemanes Julius von Sachs y Wilhelm Knop perfeccionaron las soluciones de nutrientes minerales para cultivar sin suelo. El cultivo en solución (*solution culture*) se hizo técnica estándar de investigación y enseñanza.
- 5 1928-1937.** William F. Gericke, de la Universidad de Berkeley (California), propuso usar el cultivo en solución para producir alimentos y, en 1937, llamó *hidroponía* a esta ciencia, a partir de *hydros* (agua) y *ponos* (trabajo). En 1940 se publicó *Complete Guide to Soilless Gardening*.
- 6 Hoagland y Arnon.** Dos especialistas de la misma universidad investigaron las afirmaciones de Gericke y desarrollaron varias fórmulas de soluciones minerales. Versiones modificadas de las soluciones de Hoagland se siguen usando hoy.
- 7 Segunda Guerra Mundial.** Las tropas estadounidenses en el Pacífico aplicaron métodos hidropónicos a gran escala para obtener verduras frescas en islas sin suelo disponible, donde transportarlas era carísimo.

8

1960 y 1982. Allen Cooper desarrolló en Inglaterra la *Nutrient Film Technique* (NFT) y, en 1982, el Pabellón de la Tierra del centro Epcot de Disney mostró diversas técnicas hidropónicas.

9

Actualidad. La NASA ha investigado mucho para su sistema de soporte de vida ecológico controlado. En países como Países Bajos o Estados Unidos se han desarrollado sistemas con nuevos medios de cultivo: perlita, cascarilla de arroz, fibra de coco, lana de roca y, más recientemente, espuma fenólica.

UNIDAD III

Ventajas y desventajas

VENTAJAS TÉCNICAS

- ✓ Balance ideal de agua, oxígeno y nutrientes.
- ✓ Control eficaz y sencillo del pH y la salinidad.
- ✓ Ausencia de malas hierbas.
- ✓ Ausencia de plagas y enfermedades en la raíz, al menos al principio.
- ✓ Esterilización eficiente y fácil.

VENTAJAS ECONÓMICAS

- ✓ Mayor calidad y uniformidad de la cosecha.
- ✓ Ahorro de agua y fertilizantes por kilo producido.
- ✓ Se puede usar agua dura o de cierta salinidad.
- ✓ Productos más limpios e higiénicos.
- ✓ Varias cosechas al año y altos rendimientos en poca superficie.
- ✓ Sin la limitación del suelo: se puede cultivar en cualquier sitio, incluso en ciudad.

DESVENTAJAS

- ✗ Inversión inicial elevada.
- ✗ Desconocimiento de la técnica.
- ✗ Es delicada: exige cuidar los detalles.
- ✗ Falta de equipos e insumos locales.



Componentes del sistema, planta y raíz

UNIDAD I

Componentes de un sistema hidropónico

Al empezar un proyecto surgen dudas: ¿qué plantas cultivo?, ¿qué recipientes uso?, ¿en qué sustrato siembro?, ¿dónde cultivo?, ¿cómo y con qué riego?, ¿cuánto debo invertir?, ¿necesito invernadero? Las respuestas dependen de cómo definas cada **componente**, y todos están muy relacionados entre sí.

ZONA DE LA RAÍZ

- Sustrato.
- Contenedor.
- Solución nutritiva.
- Riego y drenaje.

Al definirlos queda determinado el tipo de sistema hidropónico.

CONDICIONES CLIMÁTICAS

- Temperatura.
- Humedad atmosférica.
- Luz.

Son factores imprescindibles para las plantas se use hidroponía o no.

UNIDAD II

La planta

La planta es el componente más importante: de que los demás funcionen bien depende su calidad y, por tanto, el rendimiento. En hidroponía se suelen cultivar especies de alto valor comercial, alimenticias u ornamentales.

Grupo	Ejemplos
Hortalizas de hoja	Lechuga, acelga, espinaca, col, apio, rúcula, berros.
Hortalizas de flor	Brócoli, coliflor, alcachofa.
Hortalizas de fruto	Tomate, pimiento, pepino, melón, sandía, calabacín, berenjena, fresa.
Aromáticas	Albahaca, menta, cilantro, perejil.
Ornamentales	Rosas, anturios, flores de Pascua, orquídeas, crisantemos, lirios, gerberas.

UNIDAD III

La raíz y sus condiciones óptimas

Además de la parte aprovechable de la planta, hay que cuidar la raíz. Sus condiciones ideales son:

- ✓ **Agua** la necesaria, en todo momento.
- ✓ **Nutrientes minerales esenciales** en cantidad suficiente y equilibrada.
- ✓ **Oxígeno** suficiente para la respiración celular.
- ✓ **Temperatura** adecuada para que la raíz funcione bien.
- ✓ Sin plagas, focos de enfermedad ni malas hierbas.
- ✓ Sin sales nocivas, elementos tóxicos ni desequilibrios de pH y CE (conductividad eléctrica).
- ✓ **Oscuridad.**
- ✓ **Espacio** para crecer lo necesario.



Sustratos y contenedores

UNIDAD I

El sustrato: tipos y clasificación

Un **sustrato** es un material distinto del suelo que permite la germinación y el anclaje de las raíces. En hidroponía las plantas deben germinar siempre en un sustrato, sea cual sea el sistema elegido para el cultivo. Así, al trasplantar, no contaminan la solución nutritiva.

Origen	Tipo	Ejemplos
Orgánico	Naturales (se descomponen biológicamente)	Turbas y <i>peat-moss</i> .
Orgánico	Subproductos y residuos agrícolas, industriales y urbanos	Fibra de coco, serrín, cortezas, virutas de madera, cascarilla de arroz.
Orgánico	De síntesis (polímeros no biodegradables)	Espuma de poliuretano, poliestireno expandido, espuma fenólica.
Inorgánico	Naturales (de rocas o minerales, sin transformación)	Arena de río, de mina o de mar, gravas, piedra, tezontle y tepojal (rocas volcánicas).
Inorgánico	Procesados	Perlita, vermiculita, lana de roca, arcilla expandida.
Inorgánico	Residuos industriales	Escorias de alto horno, estériles de carbón.

1 Desventajas de algunos sustratos

- ✗ **Lana de roca:** cara, no siempre fácil de conseguir y puede causar alergias y cortes a quien la manipula.
- ✗ **Peat-moss y otros orgánicos naturales:** al degradarse, sus partículas se disgregan durante el cultivo e interfieren en el sistema, y obligan a limpiar de forma continua.
- ✗ **Fibra de coco:** tiene mucha sal. Hay que lavarla antes de usarla; si no, aparecen problemas de manejo.
- ✗ **Tezontle y similares:** baratos, pero con tamaño de partícula poco homogéneo y muy pesados de transportar y de llenar en las macetas.

Para elegir un sustrato pesan la disponibilidad, el clima, el coste, las posibilidades de instalación y, sobre todo, la **homogeneidad de sus propiedades físicas y químicas**.

Propiedades del sustrato

1 Propiedades físicas

Son las más importantes, porque deben reproducir las condiciones óptimas de desarrollo y, una vez que la planta crece en el sustrato, es muy difícil cambiarlas.

Propiedad	Qué significa
Porosidad total	Volumen no ocupado por la parte sólida. Lo óptimo: más del 85 %.
Capacidad de aireación	Proporción de volumen con aire tras saturar de agua y dejar drenar (normalmente a 10 cm de tensión).
Agua fácilmente disponible	Agua que libera al subir la tensión de 10 a 50 cm de columna de agua; con ella la planta crece de forma óptima.
Tamaño de partículas	Pueden ser de un solo tamaño o mezcla, granulares o fibrosas.
Densidad aparente	Gramos de materia seca por cm ³ . Los valores bajos facilitan el manejo.

2 Propiedades químicas

Se busca **inactividad química**: estabilidad, salinidad baja o nula y pH neutro o ligeramente ácido.

- **Capacidad de intercambio catiónico:** suma de cationes que el sustrato puede retener por unidad de peso, o intercambiar con la solución.
- **Salinidad:** concentración de sales solubles. En sustratos inertes es nula o casi nula; por encima de 3 mS es excesiva.
- **pH:** condiciona la disponibilidad de iones. Por debajo de 5 pueden faltar N, K, Ca y Mg; por encima de 6,5, Fe, P, Mn, B, Zn y Cu.

El sustrato ideal y las espumas hidropónicas

1 Características deseables

- ✓ Retiene humedad, pero deja salir el exceso de solución.
- ✓ No se disgrega ni se descompone, o lo hace muy despacio.
- ✓ Sin sales, o con muy pocas; preferiblemente de color oscuro.
- ✓ Sin microorganismos perjudiciales para personas o plantas y sin contaminación industrial o humana.
- ✓ Abundante, fácil de conseguir, transportar y manejar, y seguro para quien lo maneja.
- ✓ De coste rentable.

En resumen: un material **inerte y estéril** que dé a la planta un equilibrio adecuado entre agua y oxígeno. Debería comportarse como una esponja: porosidad alta, buena retención de agua disponible, drenaje rápido, buena aireación, partículas bien distribuidas, baja densidad aparente y estabilidad.

2 Sustratos de espuma fenólica

Son espumas rígidas absorbentes, de baja densidad y celdas abiertas, diseñadas para que la raíz se desarrolle con rapidez. Hay espumas con distinto equilibrio agua-oxígeno según el cultivo, la variedad y el sistema.

- ✓ Estériles: llegan sin patógenos y listas para usar, sin desinfección previa.
- ✓ Diseñadas para un buen escurrido y retención de agua.
- ✓ La raíz sufre poco daño al trasplantar.
- ✓ Baja capacidad de intercambio catiónico: los nutrientes están disponibles rápido.
- ✓ Su estructura no se altera con el riego continuo y no tienen fibras abrasivas.

UNIDAD IV

El contenedor

El contenedor guarda el sustrato y/o la solución nutritiva y, por tanto, aloja las raíces. Debe cumplir dos condiciones derivadas de las necesidades de la raíz: **impedir el paso de la luz** y tener el **tamaño necesario**. Además, debe ser de un material inerte que no libere sustancias tóxicas ni reaccione con la solución; por eso se prefieren el plástico y el PVC.

La forma depende del sistema elegido: bolsas y sacos de plástico, macetas, tubos (horizontales o verticales), canaletas, tinas o camas de cultivo hechas a medida.

UNIDAD I

La solución nutritiva y los nutrientes

La nutrición de las plantas se da mediante una **solución nutritiva** equilibrada, formulada a partir de un análisis del agua, de la especie que se cultiva, de su etapa fenológica (fase de desarrollo) y de las condiciones ambientales. Es un conjunto de sales minerales disueltas en agua cuya proporción varía según la especie y la etapa.

Según Arnon y Stout (1939), un nutriente es **esencial** si cumple tres requisitos:

- 1 La planta no puede completar su ciclo de vida sin ese elemento mineral.
- 2 Su función no puede ser sustituida por otro elemento.
- 3 Interviene directamente en el metabolismo de la planta.

ESENCIALES

Nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), zinc (Zn) y molibdeno (Mo).

NO ESENCIALES, PERO ESTIMULANTES

Sodio, silicio, aluminio, cobalto, níquel y selenio pueden estimular el crecimiento de algunas especies.

MACRONUTRIENTES

C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S.

MICRONUTRIENTES

B, Cl, Na, Fe, Zn, Mn, Cu, Mo, Si, Co, Ni.

! RECUERDA

La solución debe tener un **pH entre 5,5 y 6** para que la mayoría de los nutrientes estén disponibles.

UNIDAD II

Soluciones nutritivas típicas

Hay varias propuestas de soluciones típicas. Es difícil decir que una sea mejor que otra: se parecen bastante y se diferencian sobre todo por el cultivo. La mayoría parten del trabajo de Hoagland y Arnon (1950).

1 Formas de expresar la concentración

- Gramos de soluto por cada 1000 litros de agua (g/1000 L).
- Miligramos de soluto por litro (mg/L).
- Partes por millón: ppm = g por 1 000 000 g de agua = g/1000 L = mg/L.
- Equivalente químico = (ppm × peso atómico) ÷ n.º de valencias del ion.

2 Algunas soluciones (ppm)

Ion	I	II	III	IV	V	VI
NO ₃ ⁻	196	168	70	210	46	168
H ₂ PO ₄ ⁻	31	40	40	84	0,12	31
SO ₄ ²⁻	64	48	112	64	8,6	112
K ⁺	234	156	156	331	10	273
Ca ²⁺	160	160	160	168	133	180
Mg ²⁺	48	36	36	48	22	48
Na ⁺	–	30	30	–	23	–
NH ₄ ⁺	14	–	70	–	1,7	–

I: Hoagland y Arnon (1938). II: Long y Hewitt (1966). III: Hewitt (1966). IV: Cooper (1975). V: solución desplazada de un suelo basáltico fértil, Benians et al. (1977). VI: solución Steiner (1980).

UNIDAD III

Factores que afectan a la solución nutritiva

Factor	Qué hay que controlar
Calidad del agua	Todas las aguas naturales llevan impurezas, unas beneficiosas y otras no. En un proyecto comercial hay que analizarla: sólidos totales (idealmente por debajo de 250 ppm; con 3000 ppm no debe usarse), cloruros (si los sólidos superan 500 ppm), dureza (para ajustar calcio y magnesio) y metales pesados.
Temperatura de la solución	Si no es la ideal, la planta detiene su crecimiento y pueden aparecer carencias. En general, la raíz no debe bajar de 13 °C ni superar los 30 °C. La lechuga prefiere temperaturas más bajas dentro del rango y el pepino, más altas.
Oxigenación	Los pelos de la raíz necesitan O ₂ . En cultivos en solución, lo adecuado es entre 5 y 8 ppm a una temperatura de la solución de 15,5 °C.

Factor	Qué hay que controlar
pH	Rango de 5,5 a 6 (algunos autores llegan a 6,5). Fuera de él, algunos elementos forman compuestos insolubles que precipitan. Acondiciona primero el pH del agua y mídelo cada 4 u 8 días, corrigiéndolo si hace falta.
Conductividad eléctrica (CE)	Mide de forma indirecta la concentración de nutrientes (aniones y cationes) y te dice si se aplica cantidad suficiente y si el cultivo los asimila. Se mide a la entrada (difusores) y a la salida (drenaje): una regla es que la de salida supere a la de entrada en una unidad. Para tomate en plántula, 1-1,5 dS/m; en etapa vegetativa-reproductiva, 1,5-3,5 dS/m; los tomates de especialidad con más dulzor (grados Brix) piden CE más alta.
Volumen de la solución	Por la evapotranspiración la planta toma proporcionalmente mucha más agua que nutrientes: la solución se concentra, sube el pH y la presión osmótica y a la raíz le cuesta absorber agua. Las soluciones se hacen con 0,5 a 2 atmósferas. Si hay demasiada sal, la planta se detiene e incluso muere por desecación. Repón el agua perdida cada semana y renueva la solución periódicamente.

! REUTILIZAR LA SOLUCIÓN

La solución que se desecha puede servir para regar y abonar plantas del jardín. Usar la misma solución indefinidamente solo se hace en unidades comerciales con control estricto de la concentración y de la acumulación de ciertos iones, para evitar toxicidad.

UNIDAD IV

Cómo preparar una solución nutritiva

Ejemplo de cantidades por cada 1000 litros de solución para **hortalizas de hoja**:

Orden	Fuente	Cantidad por 1000 L
1	Ácido fosfórico (85 %)	87,5 ml (varía según el agua)
2	Nitrato de calcio (15,5 % N, 19 % Ca)	574 g
3	Nitrato de potasio (12 % N, 46 % K)	375 g
4	Sulfato de magnesio (10 % Mg)	410 g
5	Sulfato de potasio (44,5 % K)	125 g
6	Mezcla comercial de microelementos (Fe 7,5 %, Mn 3,5 %, Zn 0,7 %, B 0,65 %, Cu 0,28 %, Mo 0,26 %)	18,5 g

1

Acidifica el agua con ácido fosfórico hasta que el pH quede entre 5,5 y 6.

2

Disuelve los fertilizantes uno a uno, en el orden de la tabla, para evitar interacciones que formen sólidos insolubles y precipiten.

3

Primero los **nitratos** (muy solubles), después los **sulfatos** (menos solubles) y al final los **microelementos**.

! SEGURIDAD

El ácido fosfórico concentrado es corrosivo: usa guantes y gafas de protección y añade siempre el ácido al agua, nunca al revés.

En proyectos pequeños y huertos caseros, preparar la solución así tiene inconvenientes: las fuentes pueden tener concentraciones distintas, haber problemas de pureza y solubilidad, y resultar caro por vender solo presentaciones grandes. Por eso se suelen comprar **mezclas de nutrientes listas para usar**: solo se añade agua, se usa como fórmula estándar y se ajusta ligeramente según la especie.

UNIDAD V

Riego y drenaje

El riego pone la solución a disposición de las raíces, en el momento y la cantidad adecuados. En la mayoría de sistemas la solución está en tanques y se conduce por tuberías y mangueras hasta emisores (piquetas) lo más cerca posible de cada raíz. Los criterios para regar van desde mirar la planta hasta usar la radiación acumulada, básculas o curvas de drenaje.

- ✓ Con sustrato, mide siempre el **volumen, el pH y la CE** del agua de riego y del drenaje: son los mejores indicadores de si riegas bien.
- ✓ Un sustrato con **buena capilaridad** se riega cuando se ha evapotranspirado como máximo el **10 %** del agua que retiene el contenedor; con mala capilaridad, el **5 %**.
- ✓ Si la solución **no se recircula**, deja un drenaje (sobreriego) del **10 al 30 %** en cada riego para que no se acumulen sales: 10 % en climas nublados y frescos, hasta 30 % en climas soleados y cálidos o con aguas muy salinas.

SISTEMA ABIERTO

No recircula la solución drenada.

SISTEMA CERRADO

Recupera y reutiliza el drenaje.



Condiciones ambientales e invernadero

UNIDAD I

Luz, temperatura, humedad y CO₂

Las características climáticas de la zona deben estudiarse en relación con las necesidades de las plantas que quieres cultivar.

1 Luz

La energía solar es el factor ambiental que más influye en el crecimiento: de ella depende la fotosíntesis (convertir materia inorgánica en orgánica, base de todas las cadenas alimentarias) y también el movimiento, la orientación, el alargamiento del tallo y la formación de pigmentos y clorofila. Cada especie necesita una cantidad de luz concreta para dar todo su rendimiento.

FALTA DE LUZ

La planta se alarga y crece con tallos y ramas débiles.

EXCESO DE LUZ

Crece despacio, con tallos duros, hojas en roseta y flores de colores pálidos.

2 Temperatura

Afecta a la fotosíntesis, la respiración, la absorción de agua y nutrientes, la transpiración y la actividad de las enzimas. Las reacciones biológicas importantes no pueden darse por debajo de 0 °C ni por encima de 50 °C. La temperatura óptima depende de la especie, pero casi siempre está entre **10 y 25 °C**. Las plantas toleran temperaturas más bajas durante periodos cortos, pero hay que evitar acercarse al valor letal.

3 Humedad relativa

Es la relación entre el vapor de agua que contiene el aire y el que tendría si estuviera saturado (se expresa en %). Si es demasiado alta, el intercambio de gases se limita, baja la transpiración y con ella la absorción de nutrientes, y aumentan las enfermedades por hongos. Si es demasiado baja, se cierran los estomas y baja la fotosíntesis.

4 Dióxido de carbono (CO₂)

Es el nutriente más importante del cultivo: contiene un 44 % de carbono. El aire es su única fuente para las plantas y su contenido no pasa del 0,03 % (300 ppm). El crecimiento baja mucho por debajo de 300 ppm y la mayoría de cultivos producen más cuando hay más. En el tomate, con luz normal, la tasa de crecimiento baja un 80 % si el CO₂ cae por debajo de 100 ppm y sube un 20 % con 1000 ppm.

Control del clima: el invernadero

Hay tecnologías que reducen el impacto negativo del ambiente y dan mejores condiciones al cultivo; cuál usar depende del cultivo, la zona y los recursos, porque suelen exigir una inversión inicial alta. El **invernadero** es la que más se combina con la hidroponía: la hidroponía controla los factores que limitan la **raíz** y el invernadero, los que afectan a la **parte aérea**. Esa combinación ha dado los mayores rendimientos conocidos.

Un invernadero es una construcción agrícola translúcida que simula las condiciones climáticas más adecuadas para las plantas con cierta independencia del exterior. La mayoría tienen estructura metálica y cubierta de vidrio, plástico, policarbonato, PVC o acrílico, y aíslan el cultivo del frío, los insectos y la lluvia.

VENTAJAS TÉCNICAS

- ✓ Control de heladas y bajas temperaturas.
- ✓ Control de la insolación y de las altas temperaturas.
- ✓ Control de la velocidad del viento.
- ✓ Barrera física frente a varias plagas.
- ✓ Control del exceso de humedad y de las enfermedades que causa.
- ✓ Control de la humedad relativa y posibilidad de controlar el CO₂.

VENTAJAS ECONÓMICAS

- ✓ Mayores rendimientos y calidad en productos de alto valor.
- ✓ Producción continua y más temprana (varios ciclos al año).
- ✓ Cosechas programadas para cuando el mercado paga mejor.
- ✓ Más seguridad al depender menos del tiempo atmosférico.

DESVENTAJAS

- ✗ Costes altos de instalación y operación.
- ✗ Desconocimiento del diseño adecuado.
- ✗ Dificultad técnica de manejo del suelo y del clima.
- ✗ Necesidad de un mercado seguro.
- ✗ Solo es rentable con especies de alto valor comercial.

UNIDAD I**Qué es un sistema hidropónico**

Un sistema hidropónico es aquel en el que las raíces se riegan con una solución nutritiva y, en lugar de suelo, se puede usar o no un sustrato. Hay variantes según el medio donde se desarrollan las raíces.

UNIDAD II**Cultivo en sustrato**

Estos sistemas usan un sustrato que equilibra poros pequeños (que retienen la solución) y poros grandes (que dan oxígeno), o que solo sirve de apoyo sólido para las raíces sin reaccionar con la solución.

1 Funciones del sustrato

- ✓ Retener y suministrar la solución nutritiva (agua, nutrientes, pH, CE).
- ✓ Dar oxígeno, temperatura adecuada y oscuridad a la raíz.
- ✓ Anclar y sostener la planta.
- ✓ Amortiguar los cambios de la solución o del ambiente.

Se usan arena, cascarilla de arroz, serrín, turba, vermiculita, perlita, lana de roca, fibra de coco y, últimamente, espuma fenólica, siempre dentro de contenedores (tinajas, canaletas, macetas o bolsas) que aíslan el cultivo del suelo natural. El volumen necesario depende de las características físicas del sustrato, de la precisión del riego y del manejo de cada especie.

2 Técnicas principales

MACETAS BENTLEY

Técnica del Dr. Maxwell Bentley (1974), pensada para ser más barata pero igual de eficaz. En vez de tinas se usan bolsas de polietileno negro grueso con sustrato especial, para plantas grandes como tomate o pepino. Se apoyan en ladrillos huecos de hormigón, cuyas cavidades también se rellenan para plantas pequeñas como lechuga. El riego es parecido al goteo, pero con boquillas que rocían la superficie por intervalos, controlados por un reloj que enciende y apaga la bomba. Hoy se usan bolsas blancas por fuera y negras por dentro con riego por goteo.

TUBOS VERTICALES

Tubos de polietileno de 0,5 a 2 m rellenos de sustrato ligero, atados a la estructura o con soportes individuales. Riego por goteo con 2 a 4 litros de solución al día por tubo, que normalmente no se recircula y drena por la base. Cada uno o dos meses se lava con agua sola para eliminar sales. Va bien para fresas, lechugas, espinacas o acelgas, aprovecha el espacio vertical y es apropiado para huertos familiares o como adorno.

BARRAS Y BOLSAS DE CULTIVO (SLABS)

Técnica reciente, nacida en Dinamarca y Suecia, para tomate, pepino, pimiento y rosa, en sustratos que se venden listos en bolsas de plástico. Se colocan en hileras, a veces sobre canaletas que recogen el exceso de solución para reutilizarlo, y se riegan con «espaguetis» y piquetas.

El sustrato inicial de los *slabs* fue la lana de roca; hoy también hay fibra de coco y espuma fenólica. Esta última ha mostrado ahorros de más del 50 % en la solución nutritiva (agua y nutrientes), con un manejo técnico preciso, y mejoras de calidad (fructificación más temprana y más grados Brix). Se presentan en formatos de 5 a 12 litros según la especie, el número de plantas y la distribución.

UNIDAD I

Cultivo en solución: condiciones

En estos sistemas las raíces están sumergidas, parcial o totalmente, en una solución con los nutrientes disueltos. Su gran ventaja es el ahorro de agua y fertilizantes; su desventaja, el manejo preciso y controlado de la solución. Es un sistema que prácticamente carece de capacidad amortiguadora (*buffer*), así que exige un control muy exacto del pH, de los fosfatos y del hierro.

- ✓ **Oscuridad:** evita algas y otras plantas acuáticas diminutas que compiten por oxígeno y nutrientes; al descomponerse pueden ser tóxicas para la raíz.
- ✓ **Oxigenación:** es clave. Lo más habitual es dejar una cámara de aire entre la solución y la parte inferior del lecho, de modo que las raíces superiores estén en aire húmedo y las inferiores sumergidas. A medida que crecen las raíces, baja el nivel de la solución hasta dejar un máximo de 5 cm de aire: más espacio seca las raíces altas.
- ✓ **Aireación forzada:** burbujeo con una bomba de aire conectada a un tubo con perforaciones de 1 mm cada 30 cm que recorre el fondo. El volumen de aire depende del volumen de solución, la temperatura y la planta. Para recipientes caseros valen las bombas de acuario. También puede airearse haciendo caer la solución desde cierta altura (cascada), con circulación lenta para no dañar las raíces.
- ✓ **Circulación lenta** de la solución: reparte mejor los iones y la aireación y estabiliza el medio de la raíz.
- ✓ **Calentamiento:** en climas templados y fríos, algunos autores sugieren calentar la solución entre 5 y 10 °C por encima de la temperatura nocturna. Los cambios bruscos de temperatura entre día y noche son un problema serio porque no hay sustrato que los amortigüe. La solución o el agua que añadas debe estar a una temperatura similar a la que hay en el tanque.
- ✓ **Soporte de las plantas:** una canastilla o el mismo sustrato donde germinó basta para sujetarlas.

Técnicas de cultivo en solución

BALSA (GERICKE, 1929)

Tanques o tinas impermeables con una malla fijada a 6-12 cm del borde que sostiene las plantas. Las raíces bajan por los agujeros hasta la solución, de 10 a 15 cm de profundidad. Encima de la malla va una capa de 5-10 cm de virutas, turba o serrín que tapa la luz, ayuda a sostener las plantas y permite sembrar semillas directamente. Se deja un pequeño espacio de aire (menos de 5 cm) para las raíces.

AIREACIÓN FORZADA POR BOMBA (HOLLIS, 1964)

Como la balsa, pero además se inyecta aire con una bomba por un tubo de cobre o plástico perforado (1 mm, cada unos 30 cm) que recorre el fondo del tanque.

AIREACIÓN EN CASCADA (PENNINGSFELD Y KURZMANN, 1975)

La solución circula impulsada por una bomba y vuelve al tanque desde suficiente altura para oxigenarse.

FLUJO PROFUNDO (JENSEN Y COLLINS, 1985)

Pensada para gran escala. Tanque rectangular revestido de plástico (los de Jensen: 4 × 70 m y 30 cm de profundidad) con solución monitorizada, rellena, recirculada y aireada. Las plantas van sobre flotadores y en un plano horizontal para captar la máxima luz.

NFT: la película nutritiva

La **técnica de la película nutritiva** (*Nutrient Film Technique*, NFT) se basa en la circulación continua de una película muy fina de solución sobre las raíces. Una bomba lleva la solución al extremo alto de cada canal, fluye por gravedad rozando la parte baja de las raíces y cae por el desagüe de vuelta al depósito.

- ✓ Mantén un volumen constante en el depósito: con un flotador en sistemas comerciales o añadiendo solución cada día.
- ✓ Analiza la solución periódicamente para reponer las sales gastadas, o renuévala cada **8 a 15 días**.
- ✓ Las plantas aguantan varias horas sin solución, pero conviene tener **dos bombas**, una de repuesto.

! VENTAJAS DEL NFT

- ✓ Un sistema radicular pequeño puede sostener una planta muy grande.
- ✓ No hay pérdida por drenaje, evaporación o filtración, solo el agua transpirada (útil en zonas áridas).
- ✓ Gran control del agua y los nutrientes, sin necesidad de esterilizaciones.
- ✓ Las plantas se retiran con facilidad.
- ✓ Instalación barata y casi automática, tan ligera que sirve para azoteas.

UNIDAD IV

New Growing System (NGS) y aeroponía

1 New Growing System

Funciona con películas plásticas dispuestas en varias capas. La solución hidrata las raíces en los primeros niveles y el excedente baja por las capas inferiores hasta el depósito, de donde vuelve a circular. Usa aún menos solución que el NFT, con lo que es más fácil calentarla, enfriarla y desinfectarla. No hay pérdidas salvo el agua transpirada. Se recomienda germinar las plántulas en sustratos que no se desintegren con el flujo continuo y mantengan hidratadas las raíces.

2 Aeroponía (raíces en el aire)

Las raíces están dentro de un contenedor, caja o tubo, sin más que aire alrededor, y se riegan con solución mediante un nebulizador o aspersor. Una bomba envía la solución desde un tanque, de forma constante o en ciclos de pocos segundos: cuanto más frecuente es la pulverización, mejor es la nutrición. Primero se germina la semilla en un sustrato y, cuando la plántula se ha desarrollado, se inserta en la parte superior o lateral del contenedor.

✓ **Ventaja:** excelente oxigenación de las raíces, uno de los factores limitantes de la hidroponía.

✗ **Inconveniente:** exige un control técnico muy delicado y casi riego continuo, así que siempre hay que tener bombas de reserva y, si son eléctricas, un plan para los cortes de luz (generador).

ANEXO

Glosario de términos

Término	Significado
Agua fácilmente disponible	Volumen de agua que libera el sustrato al subir la tensión de 10 a 50 cm de columna de agua; con ella la planta crece de forma óptima.
Berro	Hortaliza de hoja de la familia de la col, la coliflor y el rábano. Crece muy bien en ambientes húmedos.
Capacidad tampón (buffer)	Capacidad de amortiguar los cambios de pH.
Chinampa	Método mesoamericano antiguo de cultivo de hortalizas y flores en islas artificiales sobre lagos, lagunas y pantanos.
Concentración	Proporción entre soluto y disolvente en una disolución; a más soluto, más concentrada.
Conductividad eléctrica	Depende de las sales disueltas en un líquido y es inversa a su resistividad.
Disgregar	Separar lo que era compacto.
Estomas	Poros de las partes verdes (sobre todo del envés de las hojas) por donde la planta intercambia gases con el exterior.
Etafa fenológica	Periodo entre dos cambios morfológicos de la planta, influido por el ambiente.
Evapotranspiración	Pérdida de humedad de una superficie por evaporación más la transpiración de las plantas.
Fotosíntesis	Proceso por el que la planta convierte la luz en energía química y elabora azúcares a partir de CO ₂ , minerales y agua.
Germinación	Reinicio del crecimiento del embrión cuando temperatura, luz, oxígeno y agua son adecuados.
Hortalizas de flor, fruto y hoja	Según la parte que se aprovecha: la flor o inflorescencia, el fruto o las hojas.
Nutriente	Alimento para la conservación, crecimiento o desarrollo de un ser vivo.

Término	Significado
pH	Medida de la concentración de iones hidrógeno. De 0 a 14: ácido por debajo de 7, neutro en 7, alcalino por encima.
Potencial mátrico	Fuerza con que el agua queda retenida por las partículas sólidas del sustrato o del suelo.
Trasplantar	Cambiar una planta de lugar, normalmente de plántula a un espacio temporal o definitivo.
Transpiración vegetal	Pérdida de agua en forma de vapor, que elimina el agua sobrante y enfría la planta.

Cifras clave para el examen de hidroponía

Un repaso rápido de los datos del manual que más se preguntan:

5,5 – 6

pH ideal de la solución nutritiva

13 – 30 °C

Rango de temperatura de la raíz
(no bajar de 13 ni superar 30)

5 – 8 ppm

Oxígeno adecuado en la solución a
15,5 °C

250 ppm

Sólidos totales ideales en el agua
(con 3000 ppm no debe usarse)

1 – 1,5 dS/m

CE ideal del tomate en plántula
(1,5-3,5 en fase vegetativo-
reproductiva)

10 – 30 %

Drenaje o sobreriego en sistemas
sin recirculación

5 % / 10 %

Agua evapotranspirada que marca
el riego: 10 % con buena
capilaridad, 5 % con mala

> 85 %

Porosidad total óptima del sustrato

< 5 cm

Espacio de aire máximo bajo el
soporte en cultivo en solución

8 – 15 días

Renovación de la solución en NFT

10 – 25 °C

Temperatura óptima habitual de
las plantas

1937

Año en que Gericke llamó
hidroponía a esta técnica

¿Has terminado el manual?

Haz ahora el examen y, si lo apruebas, podrás obtener tu certificado.

academia-formacion.com/examen-curso-hidroponia/