

Ministerio de Agricultura y Ganadería
Sistema Unificado de Información Institucional

Universidad de Costa Rica

Escuela de Agronomía

Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno

Fundación para el fomento y promoción de la investigación
y la transferencia de tecnología agropecuaria en Costa Rica

Hidroponía familiar en sustrato: Hágalo fácil



Sembrando hortalizas, cosechando salud

Manual práctico

Freddy Soto Bravo

2015

*Ing. Agrónomo Freddy Soto Bravo PhD
Producción Intensiva en ambientes protegidos.
Universidad de Almería, España.
Docente Investigador.
Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno.
Escuela de Agronomía, Universidad de Costa Rica.*

Comité Técnico Editorial

Guadalupe Gutiérrez Mejía
Nora Orias Montes
María Mayela Padilla Monge
Daniel Zúñiga van der Laat
Guillermo Guzmán Díaz

Aprobada su publicación el día 12 de noviembre del 2015

631.58

S718h Soto Bravo, Freddy

Hidroponía familiar en sustrato: hágalo fácil sembrando hortalizas, cosechando salud. Manual práctico / Freddy Soto Bravo. - San José, C. R.: MAG/UCR, 2015.

60 p., 21 cm

ISBN 978-9968-877-79-4

1. CULTIVO HIDROPÓNICO 2. AGRICULTURA FAMILIAR. 3. MÉTODOS DE CULTIVO. I. Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. II. Universidad de Costa Rica. III. Título.

Indice

I. Introducción	5
II. El almácigo y trasplante	8
III. La nutrición de los cultivos	11
Preparación de 4 litros de solución nutritiva concentrada	12
Preparación de la solución nutritiva diluida	17
IV. Cultivo en camas o bancales	23
Preparación del contenedor	24
Pasos para la construcción	25
Preparación del sustrato para cultivo en camas	33
Trasplante del cultivo en camas	38
Procedimiento de siembra	38
Riego del cultivo en camas	42
V. Cultivo Vertical	43
Preparación del sustrato en cultivo vertical	44
V.1. El cultivo en mangas colgantes	47
V.2. Cultivo en pirámide tipo A	49
VI. Cultivos de porte alto en hileras	51
Selección del contenedor	51
Selección del sustrato	53
Volumen de sustrato	54
Colocar el sustrato en el contenedor	54
Riego	54
Formación de la planta	55
El tutorado	55
Labores de manejo	57
VII. Bibliografía	60

I. Introducción

La **Hidroponía** se deriva de las palabras en griego Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo), por lo que literalmente significa **trabajo en agua**. En la práctica, la técnica hidropónica incluye todas las formas de cultivar plantas sin el uso de suelo, utilizando como medio de siembra un material sólido (piedrillas, fibra de coco, etc.) o el agua. La alimentación de las plantas se realiza por medio del riego, en el cual se aplican todos los nutrientes minerales que los cultivos requieren para su crecimiento y producción. Algunos términos usados para describir dicha técnica son hidroponía familiar, o hidroponía popular, enmarcada dentro de un concepto de agricultura urbana o semi-urbana.

El objetivo de este manual es instruir paso a paso a los miembros del núcleo familiar aficionados a la agricultura, incluyendo padres, hijos y adultos mayores, a producir hortalizas frescas, sanas y limpias. Esta forma de producción permite aprovechar espacios del hogar o de la comunidad donde no hay tierra fértil apta para la siembra, tales como terrazas, balcones, patios y áreas de luz, entre otros. En el huerto hidropónico se combinan hortalizas de hoja, tallo, inflorescencias, raíz, vainas, frutos y bulbos; tales como lechuga, culantro, perejil, cebollín, acelga, pack choi, apio, rabanitos, remolachas y plantas aromáticas, entre otras.

El cultivo de hortalizas hidropónicas en el hogar, permite la autosuficiencia en el consumo familiar, integra el núcleo familiar y contribuye a mejorar la calidad de vida desde el punto de vista socio-económico, nutricional y de terapia física y mental; además, demanda menor esfuerzo físico ya que no requiere arduas labores de preparación de suelo en cada siembra. Representa una alternativa terapéutica para personas discapacitadas y adultos mayores logrando que se sientan útiles a la sociedad. En hidroponía familiar, el riego con agua limpia y potable es un requisito para asegurar la inocuidad química y biológica de los vegetales. Además, por ser un sistema aislado del suelo, asegura que las hortalizas estén libres del parásito (*Angiostrongylous costaricensis*) transmitido por moluscos (babosas), el cual representa actualmente un problema de salud pública.

La **salud de los miembros del núcleo familiar** es uno de los principales aspectos que justifica la práctica de la hidroponía familiar. En la producción convencional de hortalizas en suelo, la contaminación de los vegetales con agroquímicos y coliformes fecales, representa un grave problema de salud pública, ya que contribuyen a la aparición de enfermedades degenerativas. La contaminación con agroquímicos se debe al uso excesivo de plaguicidas para controlar insectos y enfermedades, reportándose en Costa Rica un consumo aproximado de 19 a 21 kg por persona al año.

La hidroponía familiar produce alimentos más limpios y menos contaminados aplicando el concepto de agricultura limpia o de bajos insumos basada en la prevención de insectos y enfermedades. Las áreas cultivadas son pequeñas, lo cual facilita el control ya sea manual o utilizando productos biológicos, extractos naturales repelentes, o plaguicidas de bajo nivel residual.

La contaminación con coliformes fecales representa un problema tan grave como el uso excesivo de plaguicidas, y ocurre debido a que un alto porcentaje de las hortalizas de suelo son regadas con aguas contaminadas con productos tóxicos y desechos fecales. Dicha contaminación incrementa durante el proceso de comercialización debido a la ausencia de buenas prácticas de higiene en la manipulación y almacenamiento del producto.

El consumo de hortalizas sanas y limpias es una excelente alternativa en la prevención de enfermedades. Los estándares de consumo recomendados por la Organización Mundial de la Salud (FAO), oscila entre 75 y 110 gramos diarios por persona, mientras que en países en vías de desarrollo el consumo solo alcanza entre 40 y 50 gramos por día. Consecuentemente, se da un problema de mal nutrición, que se agrava con los malos hábitos de alimentación basada en el consumo de harinas y comida “chatarra”. El bajo consumo de hortalizas trae como consecuencia la denominada “hambre oculta” debido a las deficiencias de micronutrientes, fibra, vitaminas, antioxidantes y proteínas, lo cual conduce a largo plazo a la aparición de enfermedades “raras”. El costo económico del tratamiento de enfermedades adquiridas por los malos hábitos alimenticios y el consumo de hortalizas contaminadas representa un costo elevado para los programas de salud pública.

Los vegetales poseen innumerables propiedades que ayudan en la prevención de enfermedades. Hay vegetales ricos en antioxidantes como el B-caroteno, Phytosterol y la vitamina C, presentes en la zanahoria, tomate y chile dulce, entre otros, que ayudan

en la prevención del cáncer. El perejil es uno de los vegetales más ricos en vitamina C, el rabanito tiene un alto contenido de yodo, mientras que las espinacas y berros son ricos en hierro.

La falta de micronutrientes en la dieta básica, crea la necesidad de reforzar algunos alimentos de consumo básico, como por ejemplo, la práctica de agregar hierro al pan y yodo a la sal. Otro ejemplo muy común es el enriquecer jugos de frutas envasados con vitaminas u otros nutrientes, utilizando este argumento para promocionar el producto. Sin embargo, comparando, 100 gramos de jugo de frutas “enriquecido” contiene aproximadamente 12 miligramos de vitamina C y 12 gramos de azúcar, mientras que 100 gramos de chile dulce verde contiene hasta 131 miligramos de vitamina C y tan solo 2,4 gramos de azúcar.

La producción familiar de hortalizas para autoconsumo, aseguran el consumo fresco de vegetales de excelente calidad, directamente desde el patio a la mesa. Estudios realizados han demostrado que la calidad nutritiva de las hortalizas disminuye considerablemente con el tiempo de almacenamiento.

II. El almácigo y trasplante

Para obtener buenos cultivos, es importante contar con un almácigo de excelente calidad agronómica. Por esto, para el hidroponista es importante identificar las principales características que debe presentar una planta de calidad, entre las cuales están:

- Sanidad: libre de insectos y enfermedades.
- Buen desarrollo de raíces, de forma que al extraerlas salgan con todo el adobe.
- Uniformidad y tamaño compacto, evitando plantas alargadas.
- Diámetro basal del tallo y tallo grueso, evitando plantas frágiles y débiles.
- Buen vigor, color verde y uniforme, evitando plantas raquíticas o deficientes.

Por otra parte, una planta en almácigo con una edad muy avanzada, no tiene la suficiente fuerza y vigor para un buen crecimiento inicial, debido a que las raíces están arrolladas y deterioradas.



Figura 1. Germinación de la semilla y proceso de crecimiento de una planta de lechuga durante la etapa de almácigo.

Cada cultivo tiene un momento óptimo de trasplante, el cual depende del clima, del cultivo, del número de celdas en la bandeja y del manejo del riego y la nutrición. Algunos criterios utilizados para realizar el trasplante son la edad, la altura y el número de hojas de la planta, siendo la edad el criterio más utilizado. En el Cuadro 1, se indica la duración aproximada de la etapa de almácigo.

Antes de trasplantar, se debe verificar que el sustrato tenga suficiente humedad. Las plántulas se extraen tirando suavemente de la base del tallo para que las raíces salgan con todo el sustrato. Se hace el hueco de siembra utilizando un trozo de madera o manualmente, de un diámetro y profundidad ligeramente superior al del tamaño de la celda del almácigo. Si hay mucho viento se puede sembrar un poco más profundo, para que la plántula tenga un mejor apoyo y evitar el daño por viento. Se siembra una plántula por hueco presionando suavemente alrededor de la misma, con el objetivo de que no queden bolsas de aire alrededor de las raíces. Después de sembrar, se debe aplicar un riego con abundante agua para favorecer el establecimiento de las nuevas plantas.

Cuadro 1. Distancias de siembra y duración de las etapas de almácigo y a cosecha, de cultivos en hidroponía.

Cultivo	Distancia (en centímetros)		Duración (en días)	
	Entre surcos	Entre plantas	Almácigo	A cosecha*
Lechuga	20 - 25	20 - 25	20 - 25	30 - 35
Culantro	10 - 15	10 - 15	20 - 25	30 - 35
Apio	15 - 20	15 - 20	40 - 45	60 - 75
Perejil	15	10 - 15	40 - 45	50 - 55
Rábano	10 - 15	5	15 - 20	35 - 45
Cebolla tierna	10 - 15	10 - 15	30 - 40	65 - 70
Cebollín fino	10 - 15	10 - 15	30 - 40	50 - 60
Cebollino	10 - 15	10 - 15	30 - 40	60 - 65

Cultivo	Distancia (en centímetros)		Duración (en días)	
	Entre surcos	Entre plantas	Almácigo	A cosecha*
Puerro	10 - 15	10 - 15	30 - 40	60 - 65
Acelga	15 - 20	15 - 20	25 - 30	70 - 75
Vainica	20 - 25	20 - 25	Directa	45 - 50
Remolacha	10 - 15	10	25 - 30	60 - 65
Tomate	120 - 140	40 - 50	25 - 28	80 - 90
Chile dulce	100 - 120	30 - 50	35	75 - 90
Berenjena	100 - 120	40 - 50	25 - 28	75 - 90
Pepino	100 - 120	25 - 30	12 - 15	45 - 60
Zuchini	50 - 60	40 - 50	12 - 15	45 - 50

* A cosecha: duración en días desde el trasplante hasta el inicio de cosecha, la cual depende del clima.

III. La nutrición de los cultivos

Las plantas requieren nutrientes minerales para crecer y producir, los cuales se clasifican en nutrientes mayores y menores. Los mayores incluyen nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg), mientras los nutrientes menores son cobre (Cu), manganeso (Mn), cinc (Zn), hierro (Fe), boro (B) y molibdeno (Mo). La planta absorbe estos nutrientes minerales disueltos en el agua a través de las raíces y luego los distribuye a las hojas, tallos y frutos. El exceso o falta de cualquier elemento mineral afecta el crecimiento y la producción de los cultivos. En hidroponía, a diferencia del suelo, la mayoría de sustratos no contienen nutrientes minerales, por lo cual la alimentación mineral se aporta por medio de soluciones nutritivas concentradas, que luego son diluidas en agua y aplicadas mediante el riego.

Las soluciones nutritivas concentradas, también conocidas como soluciones madres, usualmente se distribuyen en tres recipientes:

1. Solución mayor o A: contiene los nutrientes mayores como el nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio.
2. Solución menor o B: contiene los nutrientes menores como el hierro, manganeso, cobre, cinc, boro y molibdeno.
3. Solución de calcio o C: contiene el calcio por aparte para evitar reacciones químicas con el fósforo, el azufre o el magnesio de la solución A.

Para su preparación se utilizan sales fertilizantes solubles en agua, recomendadas para uso en hidroponía, tales como fosfato monopotásico, nitrato de potasio, sulfato de magnesio, nitrato de calcio, ácido bórico y algunas mezclas de elementos menores las soluciones que se venden en el comercio funcionan mejor para hortalizas de hoja que para las de fruto. Por tal razón cuando se cultivan hortalizas de fruto como chile y tomate, entre otras, se recomienda reforzar la nutrición mediante aplicaciones periódicas de potasio y calcio al follaje.

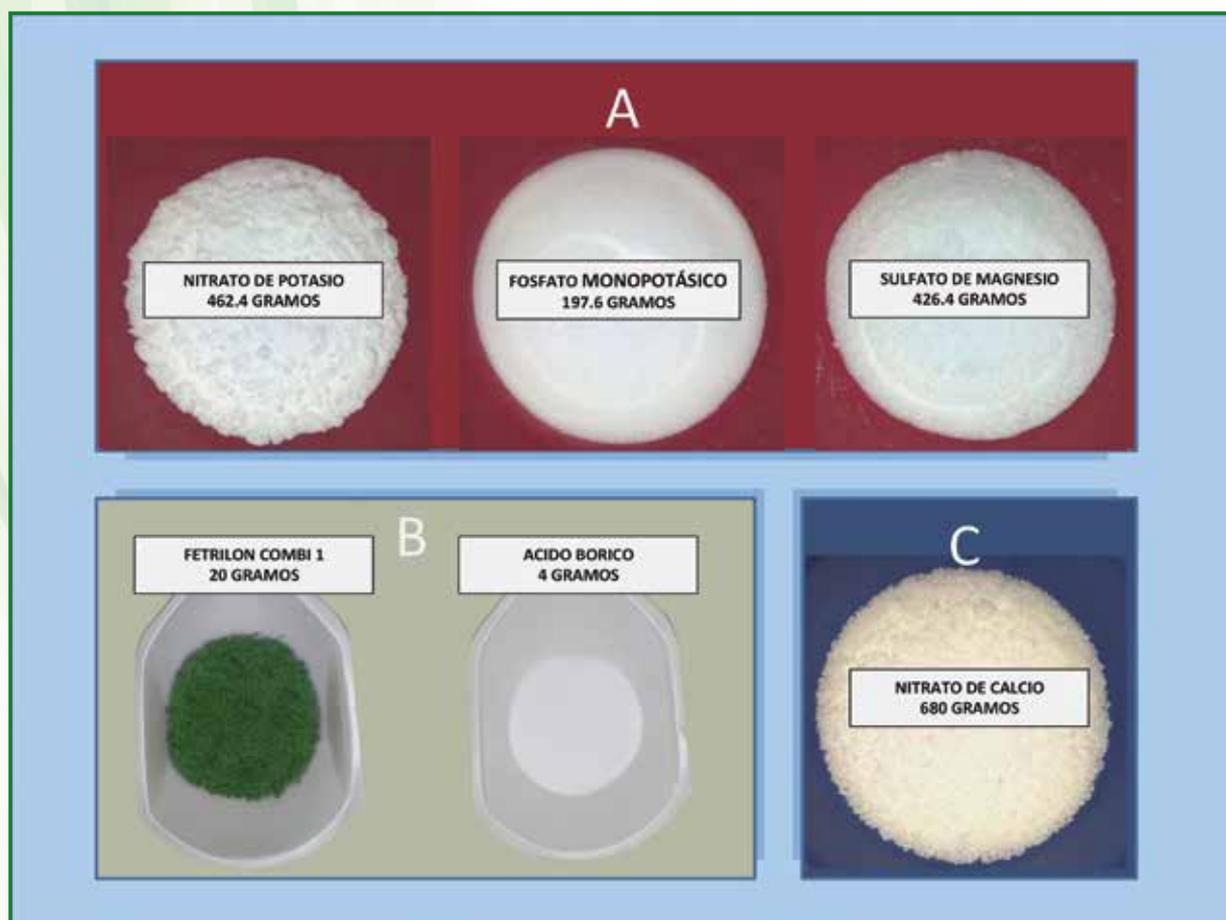


Figura 2. Muestras y cantidades de cada sal fertilizante para prepara 4 litros de solución nutritiva concentrada A, B y C.

Preparación de 4 litros de solución nutritiva concentrada A, 4 litros de solución C y 4 litros de solución B.

Para la preparación se requiere cuchara plástica, baldes plásticos, recipientes, embudos, etiquetas y marcador indeleble.

- 1. Identificar recipientes:** Utilizando un marcador permanente, se identifican tres recipientes de plástico con los nombres de solución A, solución B y solución C. Anote la fecha de preparación.



Figura 3. Recipientes identificados para almacenar soluciones concentradas A, B y C.

2. **Pesado:** pesar las cantidades de cada una de las sales fertilizantes para 4 litros solución concentrada A, B y C, según indicaciones del Cuadro 2.

Cuadro 2. Cantidades de sal fertilizante para las soluciones concentradas A, B y C, según el volumen de solución a preparar.

Solución A	Cantidad en gramos por			
	1 litro	2 litros	3 litros	4 litros
Fosfato monopotásico	50	100	150	200
Nitrato de potasio	115	230	345	460
Sulfato de magnesio	106	212	318	424
Solución B				
Fetrilón combi 1	2,5	5	75	10
Ácido bórico	0,5	2	1,5	2
Solución C				
Nitrato de calcio	160	320	480	640

Fuente: Elaboración propia.

3. **Disolver las sales de la solución concentrada A:** En la Figura 4, se muestra paso a paso el procedimiento para preparar 4 litros de solución nutritiva concentrada A. En el recipiente para la solución A marque el nivel de 4 litros y agregue un poco de agua (paso 1). Disuelva poco a poco 460 gramos de nitrato de potasio (paso 2), luego 200 gramos de fosfato monopotásico (paso 3) y por último 424 gramos de sulfato de magnesio (paso 4). Antes de agregar cada fertilizante, agite constantemente agregando agua hasta que el fertilizante anterior esté totalmente disuelto, sin sobrepasar los 4 litros. Finalmente complete el volumen de 4 litros de solución A (paso 5).

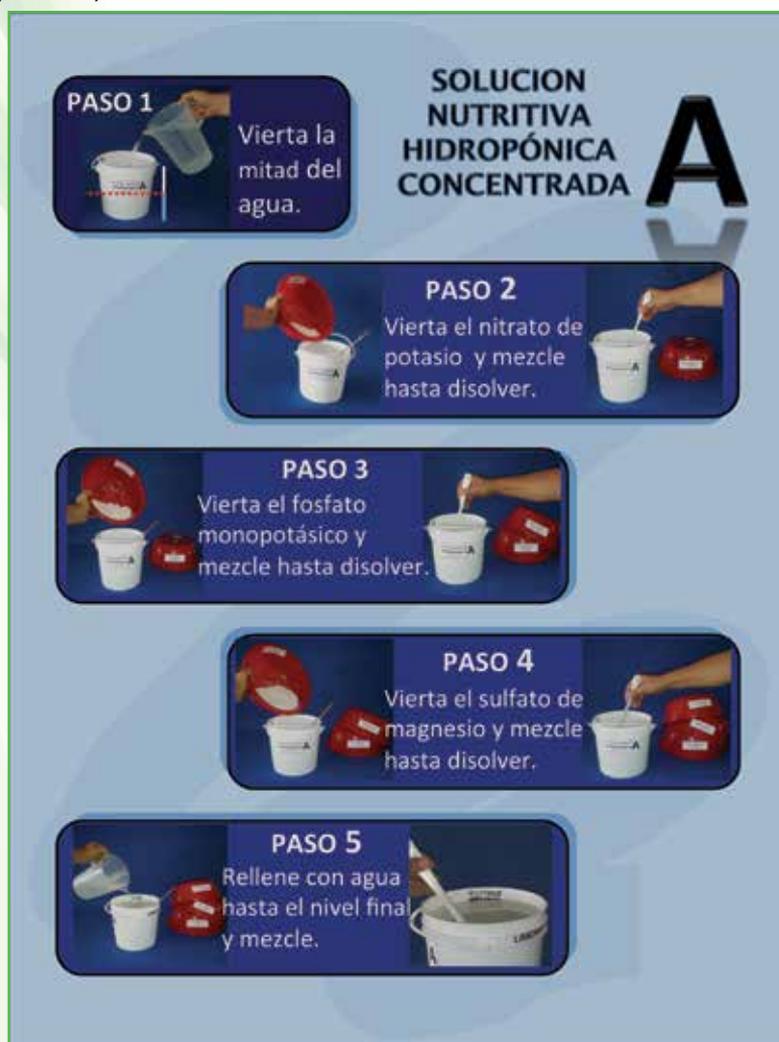


Figura 4. Procedimiento para disolver las sales fertilizantes en la preparación de solución nutritiva concentrada A.

4. **Disolver las sales de la solución concentrada B:** En la Figura 5, se muestra paso a paso el procedimiento para preparar 4 litros de solución nutritiva concentrada B. En el recipiente de la solución B marque el nivel de 4 litros y añada la mitad de agua (paso 1). Agregue lentamente los 10 gramos de fertilón combi-1 agitando constantemente hasta disolverlo totalmente (paso 2). Seguidamente disuelva los 2 gramos de ácido bórico (paso 3), agregando agua y agitando constantemente, hasta completar el volumen final de 4 litros de B (paso 4).

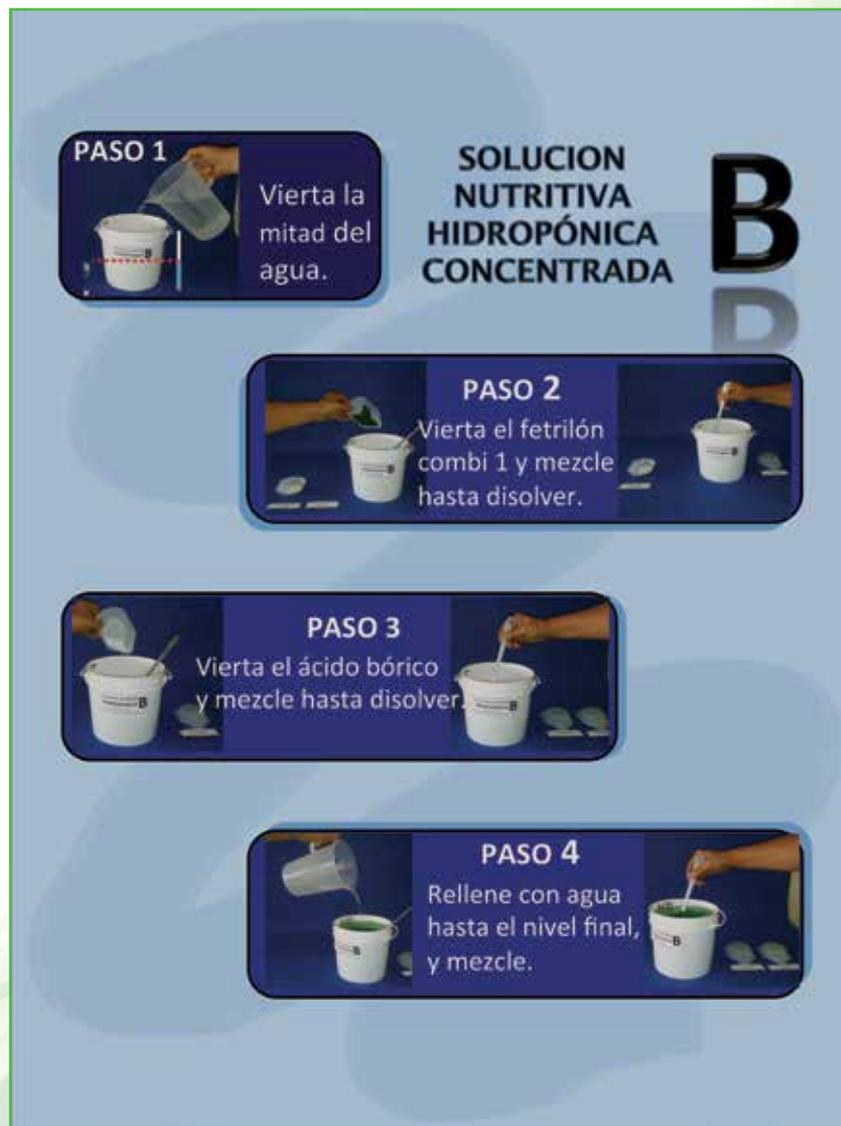


Figura 5. Procedimiento para disolver las sales fertilizantes en la preparación de solución nutritiva concentrada B

5. **Disolver las sales de la solución concentrada C:** En la Figura 6, se muestra paso a paso el procedimiento para preparar 4 litros de solución nutritiva concentrada C. En el recipiente identificado para la solución C marque el nivel de 4 litros y añada la mitad de agua (paso 1). Disuelva los 640 gramos de nitrato de calcio agregando agua y agitando constantemente (paso 2), hasta completar el volumen final de 4 litros (paso 3).



Figura 6. Procedimiento para disolver las sales fertilizantes en la preparación de solución nutritiva concentrada C.

- 6. Almacenamiento:** las soluciones se almacenan preferiblemente en recipientes color negro o ámbar o en lugares oscuros, para evitar la formación de algas en la solución, debido a la exposición a la luz solar.

Preparación de solución nutritiva diluida

La solución nutritiva diluida es la que se prepara para regar los cultivos a partir de las soluciones nutritivas concentradas preparadas anteriormente. Para ello, es necesario saber cuánto volumen de agua consume aproximadamente el cultivo a regar. En nuestras condiciones tropicales, no se han realizado mediciones precisas de los requerimientos de agua para los diferentes cultivos, que permitan recomendar dosis exactas. Dicha cantidad depende de las condiciones de clima de la zona, de la época, y del tipo y tamaño de cultivo.



Figura 7. El requerimiento de agua se expresa en litros por metro cuadrado de cultivo al día ($L/m^2/día$).

En época seca las plantas demandan más agua que en época lluviosa, mientras que en climas fríos la demanda de agua de las plantas es menor que en climas cálidos. Por otra parte, cuando el cultivo está pequeño el consumo de agua es bajo, y conforme este crece y se desarrolla el consumo incrementa. Además, durante el día conforme aumenta la cantidad de luz solar y la temperatura, el consumo de agua de la planta se incrementa.

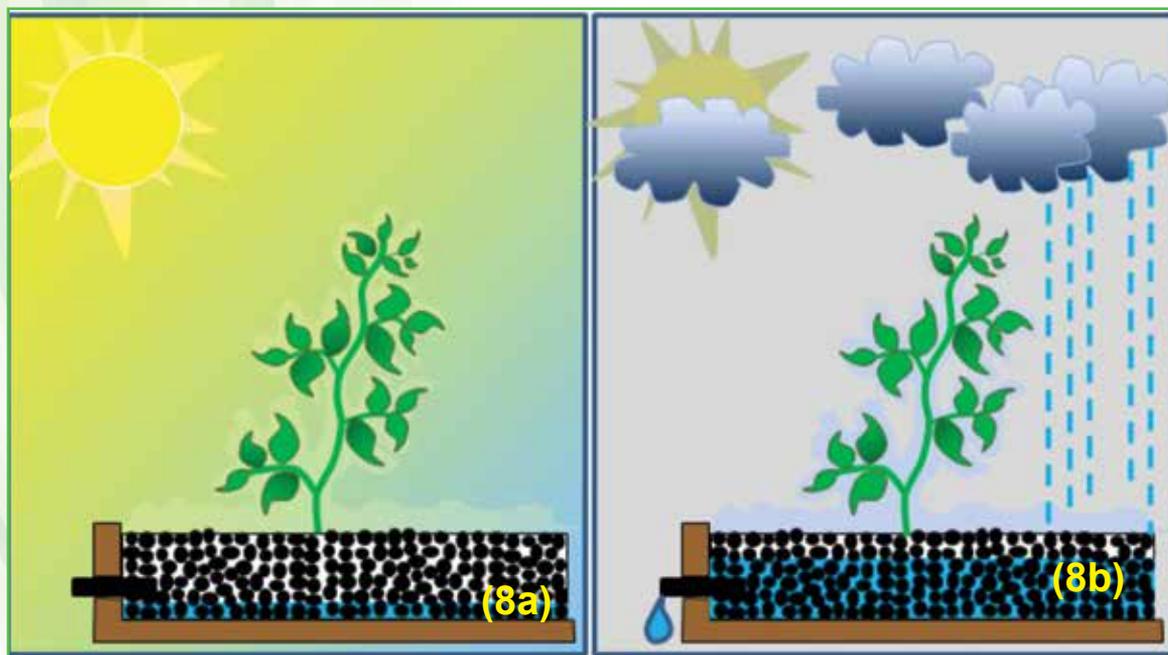


Figura 8. El consumo de agua de un cultivo es mayor en un día soleado (Figura 8a) que en un día nublado (Figura 8 b).

Una vez definida la cantidad de agua que requiere el cultivo, según el clima y tamaño del cultivo, se calcula la cantidad de solución nutritiva concentrada A, B y C que se debe agregar a dicha agua. La dosis de dilución por cada litro de agua, para las soluciones concentradas A, B y C preparadas anteriormente, son las siguientes:

- Solución A: 5 mililitros por litro de agua.
- Solución B: 5 mililitros por litro de agua.
- Solución C: 5 mililitros por litro de agua.

En la Figura 9, se ilustran las dosis de dilución de las soluciones concentradas A, B y C por cada litro de solución nutritiva diluida para riego. En un recipiente de 1 litro con agua, agitando constantemente, se agrega primero 5 mililitros solución A, a continuación se adiciona 5 mililitros de solución B y finalmente se agregan 5 mililitros de solución C. Se mezcla muy bien agregando agua hasta completar el volumen de 1 litro. De esta forma se tiene 1 litro de solución diluida lista para regar.

Las soluciones concentradas A, B y C, nunca se mezclan en su estado puro o concentrado, ya que reaccionan entre sí formando compuestos insolubles e inutilizando las soluciones.



Figura 9. Preparación de solución nutritiva diluida para riego a partir de soluciones concentradas A, B y C.

Procedimiento para preparar solución nutritiva diluida

Para preparar solución nutritiva diluida para el riego de los cultivos a partir de soluciones nutritivas concentradas, se requiere de un frasco con medida en mililitros, recipiente plástico de unos 20 litros, agua y un agitador para mezclar.

Un ejemplo: si un cultivo requiere 4 litros de agua por metro cuadrado al día, las cantidades de solución A, B y C a agregar en los 4 litros, son las siguientes:

- 1- Calcular los litros de solución diluida requerida para un cultivo en un clima moderado, en 1 bancal de 2 metros cuadrados de apio de dos meses de edad, sembradas en piedra volcánica:
 - Asumiendo que en dicho clima se requiere 4 litros por metro cuadrado al día ($l/m^2/día$) de agua, entonces $2 \text{ metros cuadrados} \times 4 \text{ l/m}^2/día = 8 \text{ litros}$. Por tanto, se requiere preparar 8 litros de solución diluida para regar dicho bancal durante el día.

- 2- Cálculo de solución nutritiva concentrada A, B y C para preparar 8 litros de solución diluida requerida. La dosis de dilución de las soluciones concentradas A, B y C por litro de agua, para cultivos en pleno crecimiento, son las siguientes:
 - Solución A: 5 mililitros por litro de agua.
 - Solución B: 5 mililitros por litro de agua.
 - Solución C: 5 mililitros por litro de agua.

Por tanto para 8 litros de solución diluida para riego, se deben agregar

- Solución A: $8 \text{ litros} \times 5 \text{ mililitros} = 40 \text{ mililitros de A}$.
 - Solución B: $8 \text{ litros} \times 5 \text{ mililitros} = 40 \text{ mililitros de B}$.
 - Solución C: $8 \text{ litros} \times 5 \text{ mililitros} = 40 \text{ mililitros de C}$.
- 3- En un recipiente plástico con unos 6 litros de agua, se agrega primero los 40 mililitros solución A, agitando constantemente, seguidamente se adicionan los 40 mililitros de solución B y finalmente se agregan 40 mililitros de solución C. Se mezcla muy bien agregando agua hasta completar el volumen final de 8 litros. De esta forma hay 8 litros de solución diluida lista para regar una cama de apio de dos metros cuadrados.

 - 4- Los 8 litros de solución nutritiva diluida preparados anteriormente, equivalen a un volumen de riego de 8 litros requerido para 2 metros cuadrados de apio para todo el día. Sin embargo, dicha cantidad de solución se debe fraccionar en dos o tres

riegos durante el día, ya que si se aplica en un solo riego se puede desperdiciar por el drenaje.

En la práctica, el “**porcentaje de drenaje**” es el mejor criterio para determinar si el riego es deficiente o excesivo. Este porcentaje se calcula según la siguiente fórmula

$$\% \text{ drenaje} = \frac{\text{volumen de solución drenado}}{\text{volumen de solución aplicada}} \times 100$$

Ejemplo:

Volumen de solución aplicada = 6 litros por metro cuadrado.

Volumen de solución drenada = 2 litros por metro cuadrado.

$$\% \text{ drenaje} = \frac{2 \text{ L/m}^2}{6 \text{ L/m}^2} \times 100 = 33,3\%$$

Un 33,3 % de solución aplicada sale por el drenaje de la cama hidropónica.

El drenaje es un mal necesario e inevitable, el cual tiene dos funciones básicas:

1. Evitar la acumulación de sales en el sustrato; lavando y arrastrando los nutrientes acumulados en exceso.
2. Renovar la concentración de nutrientes en el sustrato, con solución nutritiva nueva

El exceso de drenaje implica una pérdida de agua y fertilizantes que contribuye a la contaminación ambiental. Con poco drenaje, en un clima cálido, hay riesgo de salinizar el sustrato debido a que las plantas absorben el agua a mayor velocidad que los nutrientes, como resultado las sales se acumulan en el sustrato, salinizándolo.

El valor del porcentaje de drenaje a utilizar depende de la calidad del agua de riego. Conforme incrementa la salinidad del agua, el requerimiento de drenaje sube hasta un 30-40%. Al contrario, el uso de agua de buena calidad permite reducir el valor del porcentaje de drenaje hasta un 10 o 15%.

Una ventaja adicional es que la solución drenada se puede recolectar y reutilizar para el riego, aprovechando al máximo la solución nutritiva.



Foto 1. Recolección de drenaje de un cultivo de lechugas hidropónicas en camas en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno-Universidad de Costa Rica

IV. Cultivo en camas o bancales

En este sistema de cultivo se utilizan cajones de madera, plástico o cualquier otro material, elevados a cierta altura sobre la superficie del suelo, en la cual se coloca el sustrato donde se siembran las plantas. Las dimensiones del contenedor varían dependiendo de los materiales disponibles. En general, para la mayoría de cultivos se utiliza una profundidad de 10 centímetros, y un ancho y largo que se adapten al espacio disponible y que el hidroponista pueda tener acceso manual a las plantas ubicadas en el centro del cajón, por ambos lados. Para algunas hortalizas como la zanahoria o el rábano grande se requiere una profundidad mínima de 20 centímetros.

El sustrato es el medio en el cual se siembran las plantas, y tiene la función de anclar y proteger las raíces, y almacenar el agua con nutrientes en forma disponible para las plantas. En el cultivo en bancales se utilizan diferentes tipos de materiales, tales como arena, piedra volcánica, cascarilla de arroz, piedrilla de río, piedra pómez



Foto 2. Diferentes tipos de vegetales que se pueden cultivar en la huerta hidropónica familiar.

y carbón vegetal, entre otros. Cuando se cultiva a la intemperie, preferiblemente se utilizan sustratos inertes y duraderos, como las piedrillas, con un tamaño de partícula intermedio, ni muy grueso ni muy fino, para evitar el exceso de retención de agua durante meses de alta precipitación.

En hidroponía familiar, el sistema de cultivo en camas es adecuado para establecer la huerta hidropónica “ensalada”, combinando diferentes tipos de hortalizas cuya parte comestible pueden ser las hojas, tallos, inflorescencias, frutos, bulbos o raíces tales como lechuga, culantro, perejil, cebollín, acelga, packchoi, apio, rabanitos, remolachas y plantas aromáticas, entre otras. (Ver foto 2)

Esta mezcla de vegetales es una fuente de nutrientes minerales (calcio, fósforo, potasio hierro, entre otros), vitaminas, fibra, antioxidantes, proteínas y otras sustancias nutritivas y medicinales, que contribuyen a mejorar la calidad de la dieta y consecuentemente la salud familiar.

Preparación del contenedor

El tipo de material de construcción del contenedor a utilizar debe ser disponible y de bajo costo. Se puede utilizar madera de segunda o tercera, tarimas de madera de desecho, cajas de estereofón o plásticas de desecho, entre otros.

A continuación, se describe el procedimiento para construir una cama de madera, de aproximadamente 1 metro cuadrado (Figura 10). Las herramientas requeridas son cinta métrica, serrucho, escuadra, lápiz de carpintería, martillo y clavos. Usualmente la madera se vende en varas (1 vara= 84 centímetros), por ello las dimensiones en metros son adaptadas a las medidas en varas.

La altura de la cama está dada por cuatro patas de 84 centímetros (1 vara). Para el fondo de la cama se puede utilizar 1 tabla formaleta de 4 varas y de 12 x 1 pulgadas, o reglas de 4 x 1 pulgadas espaciadas cada 3 o 4 centímetros. La profundidad depende del ancho de la regla a utilizar, siendo normal el uso de la regla de 4 x 1 pulgadas, que equivale a 10 centímetros de profundidad.

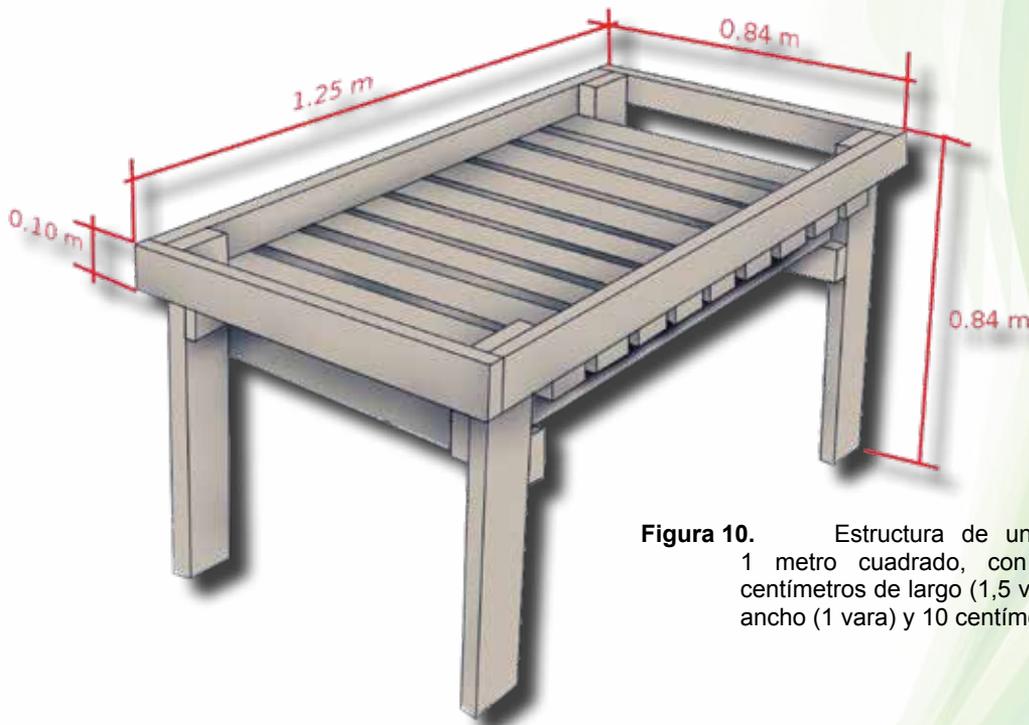


Figura 10. Estructura de un banco de cultivo de 1 metro cuadrado, con dimensiones de 125 centímetros de largo (1,5 varas), 84 centímetros de ancho (1 vara) y 10 centímetros de profundidad.

Pasos para la construcción:

1- Armando el marco del cajón: Se necesita 2 varas de una regla en 4 x 1 pulgadas, cortar dos piezas de 84 centímetros (1 vara) para el ancho del cajón. A continuación, 1 regla de 3 varas en 4 x 1 pulgadas, cortarla en dos piezas de 125 centímetros (1,5 varas) para el largo del cajón (Foto 3a).

Armar el marco del cajón, uniendo las piezas de 125 centímetros de largo con las piezas de 84 centímetros de ancho (Foto 3b, 3c y 3d).

2- Colocando las patas del cajón: Cortar 4 piezas de aproximadamente 84 centímetros (1 vara) para las patas del cajón. El material se puede comprar en 4 piezas de 1 vara de 4 x 1 pulgadas, para facilitar el transporte.

Se colocan las patas del cajón en la parte interna de cada esquina del marco del cajón (Fotos 4a y 4b). Cada pieza se clava de adentro hacia afuera y se remachan las puntas de los clavos que salen al exterior (Fotos 4c y 4d), para que las puntas de los clavos no rompan el plástico que impermeabilizará el contenedor.

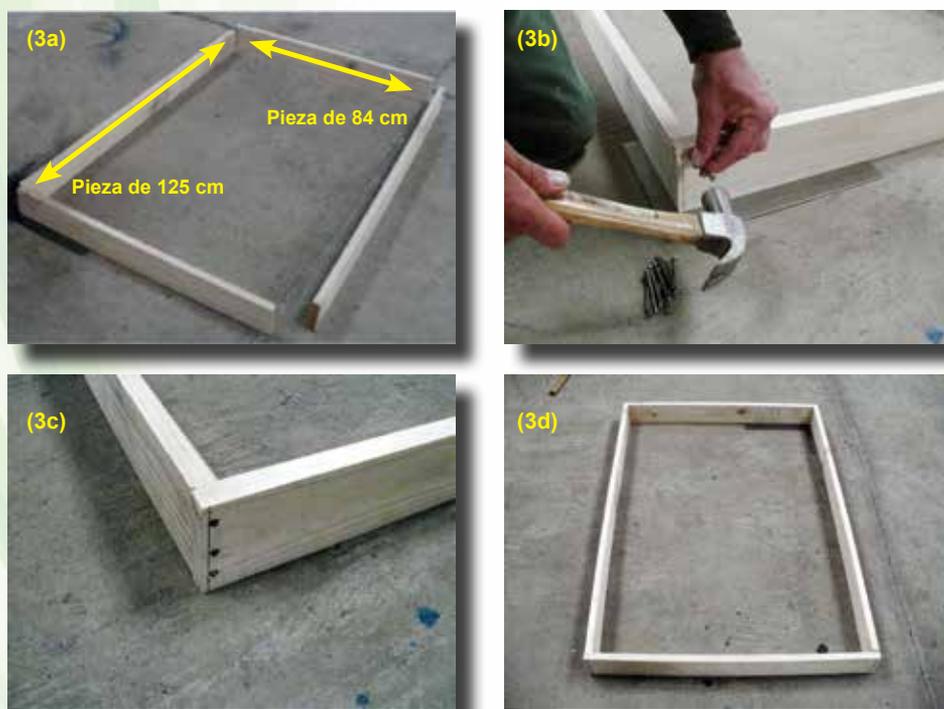


Foto 3. Preparando el marco del cajón con 2 piezas de 84 cm para el ancho y 2 pieza de 125 cm para el largo de la cama.



Foto 4. Colocando las 4 piezas de 84 cm que forman las 4 patas del cajón.

- 3- Reforzar las 4 patas del cajón:** Para reforzar las patas a lo ancho del cajón se cortan dos piezas de 84 centímetros (1 vara). Para esto se necesita 2 varas de regla en 4 x 1 pulgadas. Por otra parte, para reforzar las patas a lo largo del cajón se cortan dos piezas de 125 centímetros (1,5 varas). Para esto se requiere 1 regla de 3 varas en 4 x 1 pulgadas (Foto 5).



Foto 5. Reforzamiento de las 4 patas que sostienen la cama de cultivo.

- 4- Colocar el piso de la cama:** Para el piso del cajón se cortan aproximadamente 10 piezas de 84 centímetros en regla de 4 x 1 pulgadas (Foto 6a). Las piezas se colocan sobre las reglas que sirven de soporte a las patas, sin clavar y separadas unos 3 centímetros una de otra (Fotos 6b, 6c y 6d).



Foto 6. Colocación de las piezas para el piso de la cama de cultivo.

5- El drenaje del bancal: Con el objetivo de evacuar el exceso de agua por fuertes lluvias o por riego excesivo, se construye un punto de salida del agua en un extremo del bancal.



Foto 7. Ubicación del drenaje en una cama de cultivo de 1 metro cuadrado.

En un extremo del contenedor, utilizando una cinta métrica, se marca un punto en el centro de la cama y aproximadamente a una altura de un centímetro del fondo de la cama.



Foto 8. Ubicación y marcado del drenaje en una cama de cultivo de 1 metro cuadrado.

A continuación, se perfora la madera realizando un orificio. Para ello se utiliza una broca de media pulgada, o de un diámetro similar al de la manguera que se utilice para el drenaje.



Foto 9. Perforación del orificio de drenaje en la madera de una cama de cultivo.

6- Impermeabilizar el contenedor: Los principales objetivos de la impermeabilización son los siguientes: **1)** compensar la falta de retención de agua de algunos sustratos como las piedrillas, **2)** proteger la madera y **3)** evitar que la solución nutritiva aplicada se pierda rápidamente. Para ello, se utiliza plástico negro de 6-8 milésimas de pulgada de espesor y con tratamiento anti-ultravioleta para que no se degrade rápidamente.

Las medidas del plástico dependen de las dimensiones de la cama. Para definir el ancho del plástico, en general se recomienda sumar al ancho de la cama, 5-6 veces la profundidad del contenedor; aplicando el mismo criterio para el largo del plástico. Utilizando como ejemplo, la cama de 1 metro cuadrado construida en este manual que mide 1,25 metros de largo, 0,84 metros de ancho y 10 centímetros de profundidad, el cálculo es el siguiente:

- Largo del plástico: $1,25 \text{ m} + (5 \times 0,10 \text{ m}) = 1,75$ metros de largo
- Ancho del plástico: $0,85 \text{ m} + (5 \times 0,10 \text{ m}) = 1,45$ metros de largo

Al final, lo importante es que al colocar el plástico, este cubra lo suficiente la madera a ambos lados para protegerla del agua; debe quedar bien extendido, evitando formar bolsas o arrugas que dificulten la buena distribución de la lámina de agua en el fondo del contenedor. El plástico se fija a la madera por la parte exterior, utilizando una engrapadora de presión, o en caso de no contar con dicha herramienta se puede utilizar clavos finos de media pulgada o incluso chinchas o tachuelas.



Foto 10. Colocando el plástico para impermeabilizar el bancal.

7- Una vez colocado el plástico en la cama, se coloca la manguera en el orificio de drenaje, perforando suavemente el plástico e introduciendo la manguera de tal forma que entre muy ajustada en el plástico.



Foto 11. Colocación de la manguera en el orificio de drenaje de una cama de cultivo.

- 8- Finalmente se sella la parte de contacto entre el plástico y la manguera, por dentro y por fuera del contenedor, para evitar desperdicios por fugas de agua que además podría dañar la madera. Para sellar se puede utilizar silicón caliente o diuretano.



Foto 12. Sellado del drenaje en el punto de contacto entre el plástico y la manguera.

- 9- En verano se nivela la cama de cultivo para mantener una reserva de agua uniformemente distribuida en el fondo del contenedor (Figura 11a). Por otra parte, en periodos de lluvias excesivas, para evacuar el exceso de agua, se recomienda desnivelar levemente el contenedor hacia el punto de drenaje, colocando una calza de 1 a 2 centímetros en las dos patas del lado donde no hay drenaje (Figura 11b).

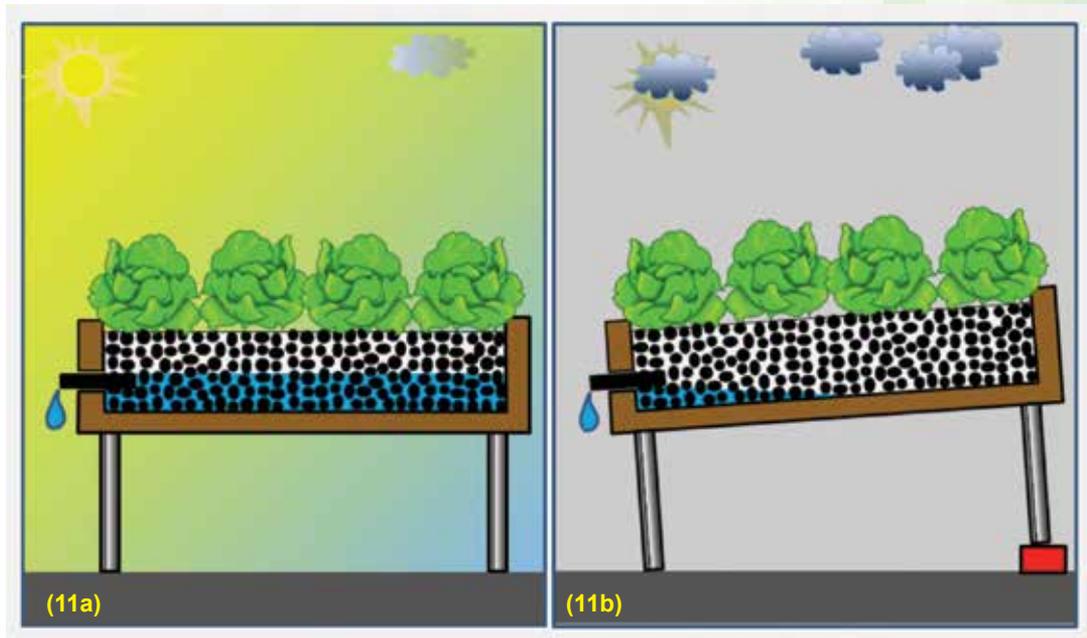


Figura 11. Cama nivelada en verano (11a) y otra mostrando desnivel con calzas en el invierno (11b).

Preparación del sustrato para cultivo en camas

Para preparar el sustrato adecuado para el sistema de cultivo en camas, se requieren los siguientes materiales y herramientas: baldes plásticos, carretillo, palas, zaranda gruesa de 12,5 milímetros (0,5 pulgada) y zaranda fina de 0,5 milímetros.

El tipo de sustrato a utilizar depende de los materiales disponibles y de su costo; se busca que presente una adecuada capacidad para drenar los excesos de agua. Dentro de los materiales más usados están la arena, piedras volcánicas, piedra pómez, carbón vegetal y cascarilla de arroz, entre otros. Sin embargo, la tendencia es a utilizar materiales de tipo mineral, por ser inertes y de mayor estabilidad y durabilidad en el tiempo.

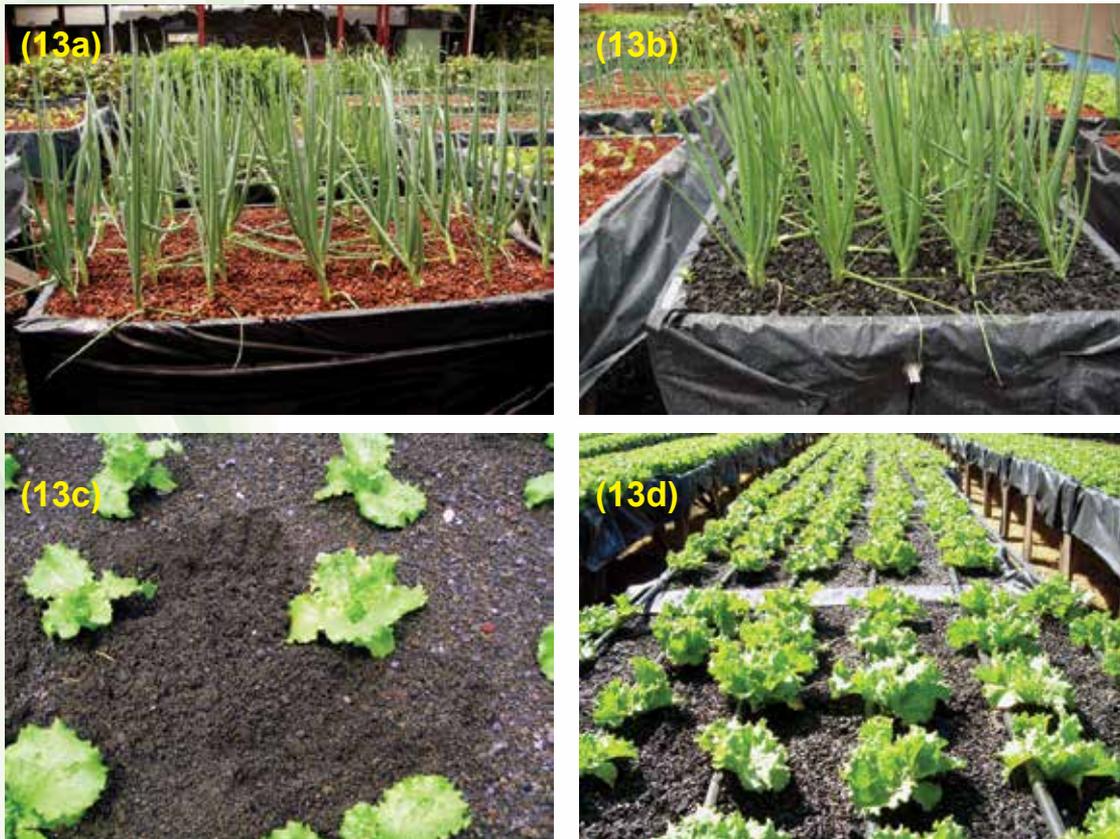


Foto 13. Diferentes tipos de sustratos usados en el cultivo en camas, (13a) piedra roja volcánica, (13b) carbón vegetal, (13c) arena fina de tajo y (13d) piedrilla de tajo.

- 1- El volumen de sustrato a preparar depende de las dimensiones del contenedor. Para calcular el volumen se multiplica el largo (L) por el ancho (A) por la profundidad (P) por 1000, expresando las unidades en metros.

$$L \times A \times P \times 1000$$

Por ejemplo, para la cama de 1 metro cuadrado que internamente mide 1,25 metros de largo, 0,80 metros de ancho y 10 centímetros de profundidad, el cálculo es el siguiente:

- $1,25 \text{ m} \times 0,80 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 1000 \text{ litros} = 100 \text{ litros}$ de sustrato para una cama de 1 metro cuadrado y 10 centímetros de profundidad.

Se multiplica por 1000 debido a que algunos materiales como la arena y piedrillas volcánicas se venden por metro cúbico (m^3), y 1 m^3 equivale a 1000 litros.



Foto 14. Bancal de 1 metro cuadrado (1 m de largo x 1 m de ancho) y 10 centímetros de profundidad, conteniendo 100 litros de sustrato de piedrilla de tajo.

2- Seleccionar el tamaño de partícula de sustrato: Para el cultivo en camas el tamaño adecuado de partículas varía desde aproximadamente 0,5 milímetros hasta 12,5 milímetros (media pulgada). En caso de materiales muy gruesos tales como piedrillas, se utiliza el sustrato que pasa a través de una zaranda de 12,5 milímetros (media pulgada). Esto debido a que materiales más gruesos y ásperos como las piedrillas, son difíciles de trabajar y maltratan las manos durante las labores de preparación, limpieza y la siembra. Otros materiales más livianos y un poco más gruesos como el carbón se puede utilizar. Si el sustrato contiene mucho polvo fino o está sucio, es necesario lavarlo utilizando una malla fina de aproximadamente 0,5 milímetros o menos.



Foto 15. Separación del exceso de polvo fino en sustrato de fibra de coco mediante una zaranda.

- 3- Se coloca el sustrato en el contenedor, teniendo el cuidado de no rasgar el plástico. Seguidamente debe nivelarse bien con una regla, de tal forma que su altura sea igual a la profundidad del contenedor, sin aplicar presión que pueda compactar el sustrato.



Foto 16. Colocación y nivelación del sustrato en la cama de cultivo.

- 4- **Desinfección del sustrato:** Es recomendable utilizar métodos naturales o desinfectantes de baja toxicidad tales como cloro, extracto de semilla de toronja o derivados de peróxido de hidrógeno. Algunos métodos de desinfección, se describen a continuación.
- a- Solarización: el sustrato se humedece y se coloca en bolsas plásticas transparentes y se deja expuesto al sol durante 15 a 22 días mínimo con volteos periódicos.



Foto 17. Desinfección de sustrato por solarización utilizando bolsas plásticas

- b- Cloración: Se utiliza cloro de uso doméstico (3,5 a 4% Hipoclorito de sodio) diluido al 4% (40 mililitros por litro de agua). Los sacos de sustrato se sumergen en la solución de cloro por aproximadamente 20 minutos. Posteriormente se extraen, se dejan drenar, y se colocan en la cama de cultivo, dejándolos en reposo por 1 a 2 días para que el cloro se evapore o se lave, antes de sembrar. Este procedimiento es adecuado para piedrillas, y poco recomendable para materiales micro-porosos como el carbón y fibra de coco, ya que pueden absorber internamente el cloro, requiriendo largos periodos de lavado antes de sembrar.



Foto 18. Preparación de la solución de cloro (18a) y aplicación al sustrato con regadera (18b).

Trasplante del cultivo en camas

Actualmente, la mayoría de cultivos se siembran por trasplante, aunque algunos pueden ser cultivados por siembra directa de la semilla en el bancal, tales como el rabanito, la vainica y el culantro. Las distancias de siembra dependen de cada cultivo, siendo recomendable incrementarlas en periodos de lluvias excesivas, para prevenir pudriciones por hongos y bacterias. El Cuadro 1 representa una guía de distancias de siembra usualmente usadas en hidroponía.

En la huerta hidropónica familiar se pueden combinar diferentes cultivos, buscando un mayor aprovechamiento del espacio dentro de la cama de cultivo. Por ejemplo, en los espacios entre hileras de cultivo de ciclo largo se pueden sembrar vegetales de ciclo más corto, aprovechando al máximo el espacio. Un ejemplo, es la siembra de culantro, rabanitos o cebollinos entre las hileras de apio, perejil o lechuga.

Procedimiento de siembra:

Se requiere una regadera, plantas de almácigo, cinta métrica, etiquetas y lápiz.

- 1- Humedecer el sustrato:** En caso necesario antes de sembrar, se debe humedecer bien el sustrato, aplicando suficiente agua hasta que gotee por el drenaje.
- 2- Trazado y marcado de los puntos de siembra:** utilizando una cinta métrica o una regla de madera previamente marcada con las distancias de siembra indicadas

en el cuadro 1, se marcan los sitios donde se sembraran las plantas, dejando aproximadamente unos 5 centímetros del borde de la cama (Figura 12).

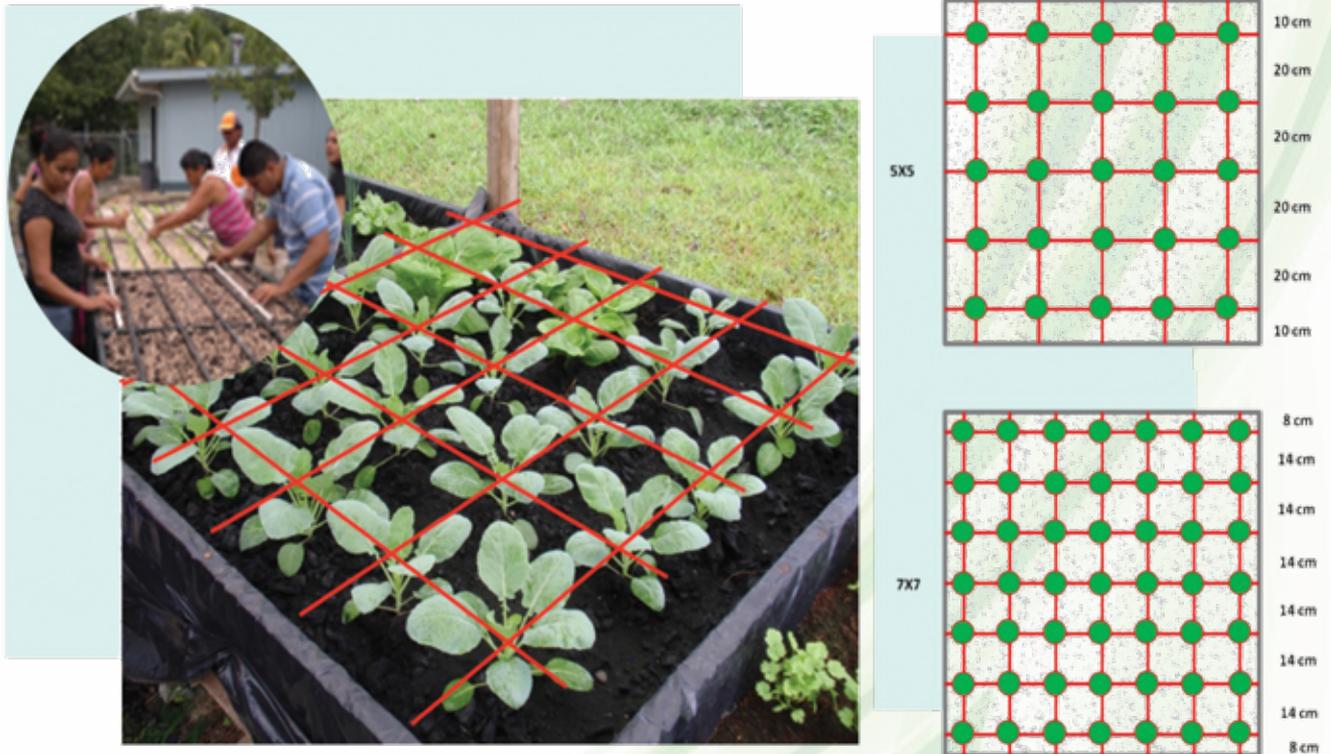


Figura 12. Trazado de los puntos de siembra en un bancal de cultivo.

3- Huequeado en el sustrato: En cada punto marcado, se hace un hueco a una profundidad similar a la del adobe de la plantita, utilizando alguna herramienta como por ejemplo un cucharón y teniendo el cuidado de no romper el plástico.



4- Extracción de las plántulas: Como se mencionó anteriormente hay que verificar que el almácigo tenga una humedad adecuada, y en caso contrario regar con abundante agua. Las plántulas se extraen de la bandeja teniendo el cuidado de no desprender el sustrato, y si es necesario se presiona suavemente por debajo de la celda para facilitar la extracción. En la extracción es importante que el almácigo tenga un buen desarrollo radical, para que la planta se extraiga con el adobe completo, sin desprendimientos. (Figuras 19 y 20)

Foto 19. Huequeado en los puntos de siembra para realizar el trasplante en un bancal de cultivo.



Foto 20. Plántulas de lechuga en bandeja de 128 celdas, listas para la extracción y trasplante.

5- La siembra: Se coloca la plántula en el hueco, presionando suavemente el sustrato y cubriendo aproximadamente un centímetro por encima del nivel del sustrato del almácigo. Se debe evitar que la plántula quede muy superficial ya que el sol o el viento la pueden dañar; ni muy profunda porque puede dificultar la salida de plántula.



Foto 21. Cultivos de remolacha, cebollín y lechuga en bancales recién trasplantados en diferentes sustratos.



- 6- **Regar después de trasplantar:** Después de sembrar se aplica un riego abundante hasta que salga agua por el drenaje, para humedecer bien el sustrato y favorecer el establecimiento de las plántulas.
- 7- **Identificar el cultivo:** Es importante identificar el cultivo con una etiqueta plástica, anotando la variedad y la fecha de siembra.
- 8- **Resembrar:** En la huerta casera algunos productos como el apio, el cebollino, el puerro, el cebollino fino, la acelga, culantro coyote y el perejil, se pueden producir durante mucho tiempo, cosechando periódicamente las hojas más viejas. Conforme se van desocupando espacios al cosechar algunas hortalizas, se puede ir rellenando con nuevos cultivos, realizando así un uso intensivo del contenedor.

Riego del cultivo en camas

Una vez establecidos los cultivos, se procede a preparar solución nutritiva diluida para realizar el riego, a partir de las soluciones concentradas. Es importante aplicar las cantidades adecuadas de solución nutritiva según requerimientos del cultivo, para hacer un uso eficiente del agua, reducir la contaminación ambiental e incrementar los rendimientos.

En nuestras condiciones tropicales, no hay estudios acerca de los requerimientos de agua en los diferentes cultivos, que permitan recomendar dosis exactas. Sin pretender aplicar una receta y como una guía general, en función de las condiciones de clima y del tamaño del cultivo, se podrían aplicar las siguientes recomendaciones:

- ▶ **En clima frío:** aplicar un promedio de 2 a 3 l/m²/día.
- ▶ **En un clima intermedio:** aplicar de 2 a 4 l/m²/día.
- ▶ **En un clima caliente:** se aplica entre 3 y 7 l/m²/día.

En época de verano, si es necesario, se recomienda complementar los riegos aplicando un poco de agua sin solución nutritiva.

V. Cultivo vertical

En el cultivo vertical es posible obtener una mayor producción por área, ya que aprovecha al máximo el espacio aéreo. Sin embargo, durante ciertas horas del día, puede haber un efecto de auto-sombreo, por lo cual este sistema se recomienda para cultivos menos exigentes en luz solar. Algunos cultivos que han mostrado un buen comportamiento en este sistema son apio, cebollino, fresa, perejil, hierbas aromáticas y ornamentales. La lechuga en este sistema no forma cabeza, siendo valorada por el número de hojas.

En este sistema se pueden utilizar diferentes tipos de recipientes tales como maceteros, bolsas colgantes y tubos de PVC, plástico o bambú. Además, con el objetivo de promover la cultura del reciclaje se recomienda utilizar recipientes desechables tales como llantas usadas, galones, botellas y cubetas plásticas. Se puede cultivar en gradas apoyadas sobre paredes con buena exposición al sol, utilizando diferentes tipos de recipientes de reciclaje o canoas horizontales.



Foto 22. Diferentes sistemas y cultivos en hidroponía vertical

Preparación de sustrato en hidroponía vertical

En sistemas comerciales se utilizan columnas de hasta 2 metros de altura, sin embargo, esto dificulta la manipulación y una adecuada distribución del agua en todo el perfil del sustrato. Normalmente, hay mayor acumulación de agua en la parte inferior, afectando la uniformidad del cultivo en toda la altura de la columna. Por esta razón, en la huerta familiar es preferible utilizar columnas de un máximo de 50 - 70 centímetros de altura, con sustratos livianos que faciliten su manipulación.

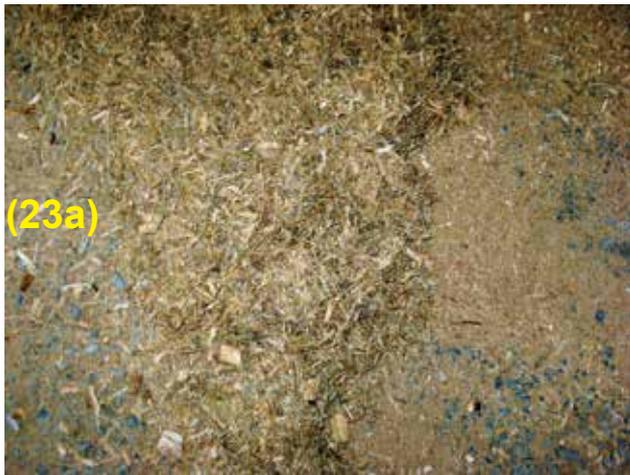
El sustrato debe tener un tamaño de partícula intermedio (1 - 5 milímetros), con el fin de obtener una adecuada retención de agua y a la vez una buena capacidad de drenar el exceso. Algunos sustratos utilizados en este sistema de cultivo son: piedra pómez, cascarilla de arroz, fibra de coco, aserrín composteado y turba (peat moss).

Algunos sustratos, debido al grosor de sus partículas y al tipo de material, por si solos no reúnen las características óptimas de un buen sustrato, por lo cual se utilizan en mezcla con otros materiales. Algunas mezclas comúnmente utilizadas son cascarilla de arroz + fibra de coco, carbón vegetal + fibra de coco o piedra pómez + fibra de coco. La cascarilla de arroz, carbón vegetal y piedra pómez contribuyen a mejorar la capacidad de aireación y drenaje, mientras que la fibra de coco mejora la capacidad de retención de agua en la mezcla. La fibra de coco puede utilizarse pura, siempre que no tenga un exceso de partículas gruesas o de polvo fino.

Como ejemplo, a continuación se describe la preparación de un sustrato para el cultivo de apio en una bolsa colgante de 50 centímetros de altura por 20 centímetros de diámetro. Para ello se requiere de baldes plásticos, pala, sustratos, desinfectante, agua, frasco para medir mililitros y regadera.

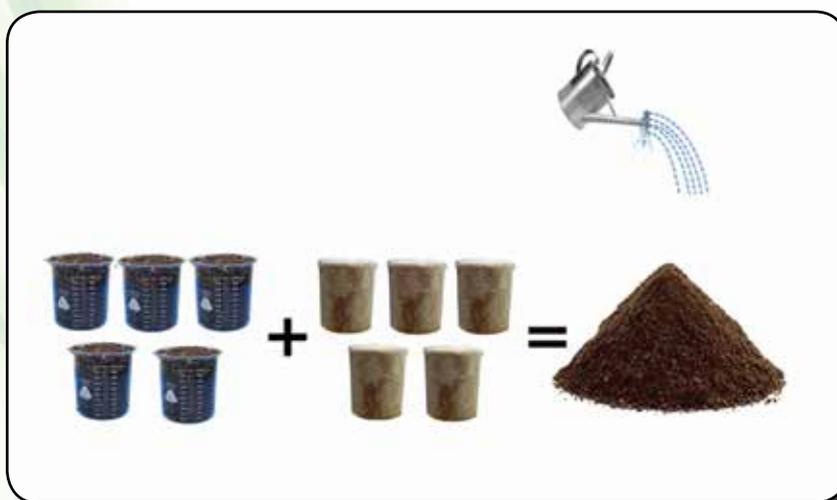
- 1- Selección del sustrato:** En general se utiliza un material de grosor intermedio que provea un adecuado drenaje, como puede ser piedra pómez, carbón vegetal o cascarilla de arroz, mezclados con fibra de coco molida para mejorar la retención y adecuada distribución del agua.
- 2- Estimar el volumen de sustrato requerido:** en una bolsa colgante de 50 centímetros de alto por 20 centímetros de diámetro se requieren aproximadamente 16 litros de sustrato; ellos se miden en volumen (litros), puesto que las raíces de las plantas están distribuidas en estos materiales que son colocados en recipientes de volumen conocido.

3- Seleccionar el tamaño de partícula: para que el sustrato posea una adecuada retención de humedad y a la vez buena capacidad de drenar el exceso de agua, el tamaño de partícula debe estar entre 0,5 y 5 milímetros. Para ello, se utiliza una zaranda de 5 milímetros para eliminar materiales gruesos (Foto 23b), y otra mas fina de aproximadame de 0,5 milímetros para eliminar el exceso de polvo (Foto 23a).



Fotos 23. Selección del tamaño de partícula adecuado para el cultivo en hidroponía vertical.

- 4- **Ejemplo de preparación de mezcla:** Para preparar 10 litros de sustrato de piedra pómez más fibra de coco en partes iguales (50% + 50%), se miden por aparte aproximadamente 5 litros de cada material.
- 5- **Mezcla y humedecimiento:** se mezclan ambos materiales varias veces, agregando agua con cuidado de no humedecer en exceso, hasta obtener una mezcla homogénea y con humedad adecuada. Se debe considerar que el volumen final de la mezcla, usualmente es menor a la suma de los volúmenes originales de los dos materiales medidos por aparte, debido al reacomodo de partículas de diferente tamaño, por lo cual se recomienda preparar un poco mas de mezcla.



5 litros de fibra de coco + 5 litros de cascarilla de arroz = 10 litros de mezcla

Figura 13. Medición, mezcla y humedecimiento de dos materiales para usar como sustrato en cultivos verticales.

- 6- **Desinfección del sustrato:** La desinfección se realiza aplicando agua hirviendo, cloro comercial o algún desinfectante natural, de forma similar a como se explica en la preparación de sustratos para cultivo en camas.
- 7- **Selección del contenedor:** Preferiblemente debe ser opaco a la luz; sin embargo, dependiendo del contenedor disponible se puede utilizar recipientes de color transparente y pintarlo de blanco, con resultados aceptables.

V.1. El cultivo en mangas colgantes



Foto 24. Cultivos verticales en recipientes colgantes: (24a) apio en botella plástica desechable, (24b) perejil en bolsa de color plata y (24c) apio en bolsa blanca.

1- Llenado del recipiente: el sustrato se coloca en el contenedor golpeando suavemente conforme se va llenado, con el objetivo de asegurar un llenado uniforme y evitar espacios vacíos en el interior del contenedor.

2- Trazar puntos de siembra: Para ello se utiliza un triángulo con lados iguales que miden de 10 a 20 centímetros, según el cultivo y la circunferencia del contenedor. En cada esquina del triángulo se marca un punto de siembra, iniciando a unos 5 - 7 centímetros del fondo del contenedor (Foto 25). Luego se marca un segundo nivel de puntos de siembra, invirtiendo la posición del triángulo para que los puntos marcados no coincidan con los puntos de siembra del nivel anterior, obteniéndose una distribución de plantas en forma de triángulo.

Corte del punto de siembra: Una vez llenado el contenedor, se hacen los orificios de siembra en forma de triángulo de aproximadamente 4 centímetros y cortando con una navaja ambos lados del mismo,

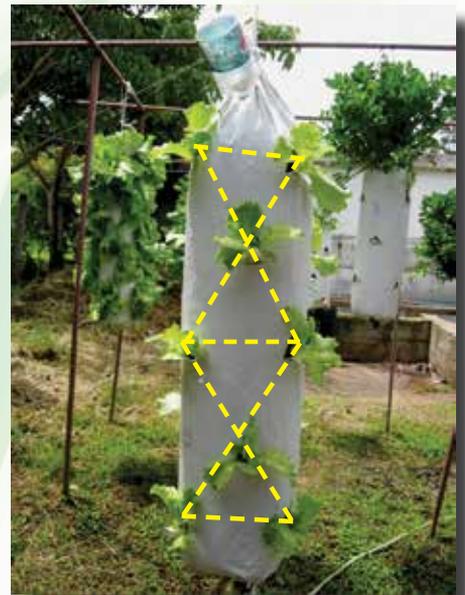


Foto 25. Trazado, corte en el punto de siembra, huequeado y siembra en cultivos en bolsas colgantes.

de forma tal que cada uno queda sujeto en su base, que servirá de apoyo a las plántulas recién trasplantadas y evita la pérdida de sustrato.

- 3- **Siembra:** primero se hace el hueco de siembra en el sustrato utilizando un trozo de madera o tubo plástico de 2 a 2,5 cm de diámetro, que se introduce a través del orificio triangular en la pared del contenedor hasta 4 a 5 centímetros de profundidad. Finalmente se colocan las plántulas en el hueco y se presiona suavemente el sustrato en la base de la plántula, dando golpes suaves para que se acomode el sustrato alrededor de la plántula.
- 4- **Etiquetado:** en una etiqueta plástica se anota la fecha de siembra y el nombre de la variedad o híbrido del cultivo.
- 5- **Riego y nutrición:** Como se indicó anteriormente, el volumen de solución nutritiva a aplicar diariamente, depende del tamaño del contenedor, de la edad del cultivo y de las condiciones del clima. Esto dificulta recomendar con precisión el volumen de riego a aplicar. Un criterio práctico es regar hasta que inicia el drenaje por debajo, el cual puede recolectarse para ser reutilizado en el próximo riego. La frecuencia entre riegos durante el día depende de la capacidad de retención de humedad del sustrato, del clima y del tamaño de las plantas.

En general se recomiendan riegos cortos y más frecuentes, dependiendo del tiempo disponible y del sustrato, hasta un mínimo de 2 riegos diarios, aplicados a través de un embudo plástico colocado en la parte superior del contenedor (Foto 26).

- 6- **Cosecha:** Si se siembra una alta densidad de plantas por metro cuadrado, se puede iniciar la cosecha de algunas plantas simulando una forma de raleo, aproximadamente a los 15 – 20 días después de la siembra. Las plantas que quedan tendrán mayor espacio para crecer, y su cosecha se realiza por hojas o partes, sin cosechar toda la planta. Esto permite un periodo más largo de cosecha y mayor aprovechamiento del espacio en la columna.



Foto 26. Colocación del embudo para riego manual en cultivos en bolsas colgantes.

V.2. Cultivo en pirámide tipo A

Un diseño familiar de pirámide tipo A, usualmente consta de 4 niveles de cultivo en un área de 2 m de largo x 1 m de ancho, en la cual se pueden producir hasta 58 unidades por m², que equivale a 2,3 veces la cantidad producida en el cultivo en camas. (Foto 27). En este sistema, también se pueden combinar diferentes tipos de cultivos de hojas, tallos y bulbos.



Foto 27. Cultivo de lechuga en pirámide tipo A en el patio de la casa y en venta en el supermercado.

Procedimiento para el cultivo en pirámide tipo A

- 1- Selección del contenedor:** En este sistema se utilizan canales de plástico, flexibles o rígidos como el PVC o bambú, que miden aproximadamente 12 centímetros de ancho y profundidades de 8 a 10 centímetros. Además, deben tener orificios de drenaje ubicados a unos 2 centímetros del fondo del canal y separados cada 30 - 40 centímetros.
- 2- Selección del sustrato:** El sustrato puede ser solo o en mezcla, utilizando los criterios y el procedimiento aplicados para el cultivo en columnas colgantes.

- 3- **El volumen de sustrato:** La cantidad requerida depende de las dimensiones del contenedor. Para una canoa de 12,5 x 12,5 centímetros se requieren aproximadamente 16 litros de sustrato por cada metro lineal.
- 4- **Colocar el sustrato:** En el momento de verter el sustrato, se golpea la canaleta suavemente para que las partículas se acomoden y evitar disminuciones posteriores del volumen de sustrato en el contenedor.
- 5- **Trasplante:** Antes se debe verificar que el sustrato tenga una humedad adecuada. En general, se realiza aplicando los mismos cuidados del trasplante recomendados para los otros sistemas de cultivo. En el cultivo en pirámide, puesto que no existe competencia lateral con otras plantas, se puede incrementar el número de plantas por metro lineal de canoa. En lechuga y apio se pueden sembrar hasta 6 - 7 plantas por metro lineal, mientras que en culantro se puede cultivar de 10 - 12 rollos por metro lineal.
- 6- **Riego:** Para definir el volumen y la frecuencia de riegos durante el día, se aplican los mismos criterios que en los otros sistemas de cultivo. En general, en hidroponía familiar se recomienda realizar de 2 – 3 riegos manuales diarios, asegurándose que en cada riego haya un leve goteo por los orificios de drenaje del contenedor.

VI. Cultivos de porte alto en hileras

Para hortalizas de porte alto, tales como el chile dulce, tomate, pepino, suchini y berenjena, cuyo cultivo se dificulta en el sistema en camas o colgantes, se cultiva a una hilera (Foto 28a) o a doble hilera (Foto 28b), debido a mayores requerimientos de espacio aéreo y de volumen de sustrato por planta.



Foto 28. Cultivo de chile dulce a una hilera (28a) y a doble hilera (28b) en sacos de fibra de coco.

1- Selección del contenedor: Preferiblemente debe ser opaco a la luz, de color blanco, plata o negro. Se pueden utilizar recipientes tales como maceteros, bolsas de vivero, canoas de PVC o plástico, y recipientes desechables tales como galones o cubetas plásticas. Es recomendable una proporción aproximada de 1:1 entre la altura y el ancho del contenedor, y menos recomendable los contenedores altos y angostos debido a que afectan la distribución y retención de agua en el sustrato. En el fondo del recipiente debe haber perforaciones laterales para facilitar el drenaje de aplicaciones excesivas de agua de riego o de lluvia (Foto 29).

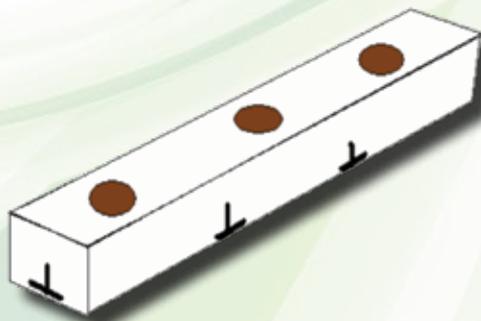


Foto 29. Ubicación de los orificios de drenaje en dos diferentes tipos de contenedores.

Además, las raíces no deben tener contacto directo con el suelo para evitar que se introduzcan en este y se contaminen con patógenos de suelo. (Foto 30).



Foto 30. Cultivo en sacos de fibra de coco cuyas raíces se han establecido en el suelo.



Foto 31. Diferentes cultivos de porte alto en hilera y en diferentes tipos de contenedores.

2- Selección del sustrato: El sustrato puede ser solo o en mezcla, utilizando los mismos criterios del procedimiento aplicado para el cultivo en columnas. Un sustrato muy práctico es la fibra de coco comprimida en tablas o bloques cubiertas en diferentes tamaños, y que están diseñadas especialmente para cultivos como chile dulce, tomate, berenjena, pepino y melón, entre otros. Estas miden 1 metro de largo por 18 centímetros de ancho y 16 centímetros de profundidad, para un volumen aproximado de 30 litros (Foto 32).



Foto 32. Sustrato de fibra de coco en tablas que vienen comprimidas y luego son hidratadas.

- 3- **Volumen de sustrato:** la cantidad a preparar depende de la cantidad de plantas a sembrar. En el huerto familiar es recomendable suficiente volumen de sustrato por planta para tener una mayor capacidad de amortiguar los cambios bruscos de clima y las irregularidades del manejo del riego por hidrocultores principiantes. Para los cultivos de porte alto, incluidos en el Cuadro 1, se recomienda un volumen mínimo de 10 litros por planta. La fibra de coco cuando viene comprimida, debe hidratarse poco a poco antes de usarse, para que recupere el volumen de sustrato original.
- 4- **Colocar el sustrato en el contenedor:** Cuando se utiliza sustrato a granel, se coloca el sustrato en el contenedor golpeando suavemente conforme se va llenado el recipiente con el objetivo de asegurar un llenado uniforme y evitar bolsas de aire en el interior del contenedor. Si esta labor no se hace correctamente, al poco tiempo el volumen de sustrato baja apreciablemente, lo que hace necesario rellenar nuevamente el contenedor.
- 5- **Riego:** En hidroponía familiar, en general se recomienda realizar de 2 a 3 riegos manuales diarios, aplicados en la parte superior del contenedor. Un criterio generalizado, es que en cada riego, siempre debe haber un volumen mínimo de drenaje a través de los orificios ubicados en el fondo del contenedor. Esto se puede complementar, colocando una bandeja por debajo del contenedor para recoger el drenaje, de esta manera la planta siempre tiene un reservorio de agua en el fondo, del cual puede absorber agua por capilaridad.

6- Formación de la planta: En la mayoría de cultivos de porte alto, en hidroponía familiar se puede recomendar formar las plantas a 2 tallos cuando aparece la primera bifurcación (horqueta) y hasta 3 o 4 tallos en la segunda bifurcación en cultivos como la berenjena, chile dulce y tomate (Foto 33). Esto con el objetivo de que la planta tenga una mayor aireación para prevenir la aparición de enfermedades y una mayor captación de la luz solar para obtener mayor rendimiento y calidad de fruto. Además, esta práctica de formación contribuye a un buen balance entre crecimiento vegetativo (hojas y tallos) y la producción de frutos.



Foto 33. Formación de un cultivo de porte alto a dos tallos en la primera bifurcación y a cuatro tallos en la segunda bifurcación.

7- El tutorado: Para evitar daños en la planta debido al desprendimiento de ramas y frutos debido a su peso y al efecto del viento, la planta se sujeta a algún tipo de estructura. Es una labor imprescindible para mantener la planta erguida, evitar que hojas y frutos toquen el suelo, mejorar la aireación de la planta y favorecer el aprovechamiento de la radiación solar y otras labores de manejo del cultivo. Una vez formada la planta a un determinado número



Foto 34. Formación de un cultivo de tomate a dos tallos en la primera bifurcación.

de tallos, cada tallo individual, conforme va creciendo, se conduce o se guía hacia arriba con hilos o cuerdas de nylon. Un extremo de la cuerda se ata a la base de cada tallo realizando un nudo holgado y que no ceda para que no estrangule el tallo (Fotos 35a y 35b). El otro extremo de la cuerda se lleva hasta un alambre o cuerda que se ubica en la parte superior del cultivo (Fotos 35c y 35d).



Foto 35. Amarre individual de cada tallo con cuerdas de nylon que va desde la base de cada tallo (Fotos 35a y 35b) hasta un alambre o cuerda que se ubica en la parte superior del cultivo (Fotos 35c y 35d).

Conforme las plantas crecen, los tallos se van guiando o enredando hacia la derecha (en favor de las agujas del reloj) alrededor de la cuerda sujeta en la parte superior del cultivo (Foto 36).



Foto 36. Amarre de chile dulce, conforme los tallos crecen se van enredando alrededor de la cuerda a favor de las agujas del reloj.

8- Labores de manejo del cultivo: Además de la formación y tutorado de la planta, en la mayoría de cultivos de porte alto, se deben realizar otras labores de manejo como son la **deshija y deshoja**.

La **deshija** consiste en eliminar retoños o brotes laterales que salen de las axilas de las hojas, con el objetivo de equilibrar el crecimiento vegetativo con la producción de frutos, airear la planta y favorecer la captación de luz solar. Esta labor se debe realizar al menos dos veces por semana cuando los brotes miden de 3 a 5 centímetros, ya que si se dejan mucho tiempo los tallos crecen rápidamente; con esta práctica se evita que la planta se oriente más al crecimiento de brotes, favoreciendo la producción de frutos. La deshija se puede hacer a mano si el tallo es tierno, pero lo mejor es hacerlo con cuchillo, realizando un corte limpio y sin rasgaduras para evitar infecciones con hongos o bacterias (Foto 37).

La **deshoja** es una labor que se realiza en momentos muy puntuales del ciclo de cultivo, con los objetivos de mejorar la aireación de la planta, quitar inoculo de enfermedades, mejorar la captación y entrada de luz en la planta y balancear el crecimiento vegetativo y la producción de frutos. En general, no se recomienda quitar más de 3 hojas cada vez que se realiza la deshoja.

- ✓ Deshoja sanitaria: se eliminan hojas viejas, enfermas o dañadas para reducir el inoculo de enfermedades.

- ✓ Deshoja de mantenimiento: es una labor de rutina donde normalmente se quitan las hojas que están por debajo de los frutos o racimos que ya alcanzaron su tamaño y madurez, con el objetivo de mejorar la aireación del cultivo y la coloración de los frutos.
- ✓ Raleo de hojas: cuando las plantas presentan un crecimiento vegetativo excesivo (hojas muy grandes y tallos muy gruesos) por fertilización en exceso, se realiza un entresaque de hojas intermedias. En este tipo de deshoja se debe tener el cuidado de no eliminar las hojas opuestas al fruto o ramo ya que son muy importantes para el engorde de frutos.



Foto 37. Deshoja en tomate realizada a mano cuando el brote es tierno y mide de 3 a 5 centímetros (Foto 37a, 37b y 37c), y deshoja con cuchillo en tallos de mayor tamaño (Foto 37d).

La deshoja se hace preferiblemente con cuchillo, realizando un corte limpio y a ras de tallo para mejor cicatrización. Cuando se hace con tijeras es difícil realizar el corte a ras del tallo; dejar un trozo del peciolo puede favorecer la entrada de hongos y bacterias que causan pudriciones. Los restos de hojas deben ser retirados del área de cultivo. Si hay condiciones de alta humedad que pueden favorecer el desarrollo de enfermedades, se recomienda curar el corte con un fungicida-bactericida (derivados del cobre).



Foto 38. Deshoja de mantenimiento en tomate por debajo de los ramos que alcanzaron tamaño y la madurez de cosecha (Foto 38a) y deshoja de raleo en una planta muy vigorosa (Foto 38b)

VII. Bibliografía

- ANSORENA, M. J. 1994 Sustratos, Propiedades y caracterización. Ediciones Mundi Prensa Madrid, España. 98p.
- BAIXAULI, C.; AGUILAR, J. 2002 Curso sin suelo de hortalizas, Aspectos prácticos y experiencia. Generalitat Valenciana, Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Valencia, España. 107p.
- BERTSCH, F. 1998 La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 64p.
- CENTRO DE INVESTIGACION DE HIDROPONIA Y NUTRICION MINERAL, UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA. 1997 Hidroponía comercial, una buena opción en agronegocios. En: Conferencia internacional de Hidroponía comercial. Lima, Perú. 170p.
- CENTRO DE INVESTIGACION DE HIDROPONIA Y NUTRICION MINERAL, UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA. 1999 Curso práctico internacional de Hidroponía. Lima, Perú. Sp.
- RESH, H. M. 2001 Cultivos hidropónicos: Nuevas técnicas de producción, 5.a ed revisada y ampliada por Carlos de Juan. Madrid (España), Ediciones Mundi-Prensa, 558p.
- SOTO, F.; RAMÍREZ, A. 2005 Hidroponía. Centro Nacional Especializado Granja Modelo. San José, Costa Rica. Instituto Nacional de Aprendizaje. 109p.
- SOCIEDAD COLOMBIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO. 1997 Fertirrigación. Bogotá, Colombia. Editores LTDA. 100p.