



# HIDROPONIA

## Manual Práctico

Una guía para *aprender*  
de forma *rápida*



Autor  
Rene Cabezas



# HIDROPONIA

## MANUAL PRÁCTICO

Una guía para aprender de forma rápida

RENE CABEZAS

Este libro no podrá ser reproducido,  
Total ni parcialmente,  
sin el permiso escrito del editor.  
Todos los derechos reservados.

HIDROPONIA  
Manual Práctico  
Una guía para aprender de forma rápida  
© 2018, Rene Cabezas

Diseño tapa: Wilson Catari y Rene Cabezas  
Segunda Edición: julio 2018  
Impreso en Bolivia

## **Agradezco a todos los que hicieron posibles este libro**

A mis padres, Federico Cabezas y Ángela Albarracín que me trajeron a este mundo tan maravilloso

Y a todos mis socios, colaboradores y clientes que me enseñan a hacerme grandes preguntas.

Mi propósito en este mundo es buscar grandes respuestas para personas que quieran ser grandes.

# HOLA

## HIDROPONIA

Recomendaciones prácticas y contundentes que debes tomar en cuenta al iniciar tu proyecto de Hidroponía, si tomas con mucha seriedad mis recomendaciones, te garantizo las cosas te van funcionar a la perfección.

CONTENIDO	
ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA .....	9
PH Y TRATAMIENTO DEL AGUA.....	4
FORMULACIÓN DE NUTRIENTES, MEZCLA Y COMPATIBILIDAD DE FERTILIZANTES.....	7
CONTROL Y MONITOREO DE SOLUCIONES NUTRITIVAS.....	11
pH de la Solución Nutritiva.....	11
Conductividad Eléctrica ( CE) de la solución nutritiva.....	11
Control y monitoreo de pH y CE en sistemas recirculantes.....	14
Control y monitoreo de pH y CE en cultivos en sustrato inerte.....	14
¿Como controlar la salinidad?.....	15
RANGOS DE MINERALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS PERMISIBLES EN HIDROPONIA.....	16
LOS 4 FACTORES DE PRODUCCIÓN: RADIACION, °T , HR Y CO2.....	18
RADIACIÓN .....	18
RADIACIÓN ULTRAVIOLETA (UV) .....	18
RADIACION FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA (RFA).....	21
CARACTERISTICAS IMPORTANTES DE LOS PLÁSTICOS .....	22
Transmision de la Luz.....	22
Anti-polvo.....	23
Anti-Goteo.....	23
EFFECTO TÉRMICO(IR).....	24
TEMPERATURA .....	26
HUMEDAD RELATIVA.....	28
CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO2).....	32
<b>SOLUCIONES NUTRITIVAS.....</b>	<b>33</b>
1.RIQUEZA DE LOS FERTILIZANTES.....	39
2.FACTORES DE CONVERSION DE RIQUEZAS DE FERTILIZANTES.....	42
3.Impureza de los fertilizantes .....	42
MODO DE PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN CONCENTRADA A, B Y C.....	46
<b>HIDROPONÍA.....</b>	<b>51</b>
SISTEMAS RECIRCULANTES Y RAÍZ FLOTANTE.....	52
CULTIVOS EN SUSTRATOS.....	53
MANEJO DE SUSTRATOS INERTES (Arenilla y/o gravilla).....	62
MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DE SUSTRATOS.....	62
PRODUCCIÓN DE PLANATINES Y ALMÁCIGOS .....	68
HORTALIZAS DE HOJA.....	68
ALMÁCIGO HORTALIZAS DE FRUTO EN SUSTRATO.....	71
COMPONENTES DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO SISTEMA RECIRCULANTE .....	76
BANCADAS DE PRODUCCIÓN.....	76
TUBOS DE CULTIVO.....	76
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DIMENSIONES DE TUBOS DE CULTIVO.....	78
TANQUE O RESERVORIO DE SOLUCIÓN NUTRITIVA.....	79
ESPECIFICACIONES PARA SELECCIÓN DEL TANQUE DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA (SN).....	80
RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA DE RIEGO A BANCADAS.....	83
RED DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA DE RIEGO A TUBOS DE CULTIVO.....	85
CABALLETES O PIES DE SOPORTE DE LOS TUBOS DE CULTIVO.....	89
DIMENSIONES Y MANGAS DE SUSTRATO.....	94
DETALLES DE LOS ACCESORIOS DEL SISTEMA DE GOTEO.....	97
ELECTROBOMBA Y TANQUES DE SOLUCIÓN NUTRITIVA.....	98
AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.....	98
FRECUENCIAS E INTERVALOS DE RIEGO.....	99
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	101

## **CAPITULO UNO**

# **LOS 5 CLAVES DEL ÉXITO EN HIDROPONÍA**

# #1

## ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA

En Hidroponía el agua es la MATERIA PRIMA

Conozca la calidad del agua que vas usar y para esto debes llevar al laboratorio cercano.

Existen 3 tipos de análisis de agua.

análisis biológico: *coliformes fecales, patógenos y otros.*

análisis físico: Turbidez (materiales en suspensión).

En Hidroponía nos interesa el **Análisis Químico**, en base a este resultado hacer una correcta formulación de los nutrientes para cada cultivo y estado fenológico del cultivo (crecimiento vegetativo, floración y fructificación).

Para conocer la calidad del agua, pida al laboratorio los siguientes parámetros

El pH,

Conductividad Eléctrica (CE)

**Cantidad de nutrimentos:** *nitratos (N-NO<sub>3</sub>), amonio (N-NH<sub>4</sub>), fosforo (P), potasio(K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S) o sulfatos (SO<sub>4</sub>), hierro(Fe), boro ( B), manganeso (Mn), zinc (Zn),cobre (Cu).*

**Cantidad de elementos tóxicos** (o elementos que pueden causar fitotoxicidad en el cultivo): *sodio (Na), cloruros(Cl), boro (B).*

**Cantidades de elementos que pueden taponear los goteros:**

*Bicarbonatos (HCO<sub>3</sub>) y carbonatos (CO<sub>3</sub>)*

*A pesar que B y otros son elementos esenciales en concentraciones superiores pueden generar fitotoxicidad en la planta*

Al tener los resultados del análisis químico del agua **¿ Cómo voy a saber, si mi agua es buena, regular o de mala calidad?**

Pues no te preocupes aquí te tengo los cantidades y te lo como una buena referencia.

## a.pH

Normalmente el 90% de las aguas tienen un valor de pH entre 6.7 a 9.5 Pero te estaré adelante esta agua hay que hacer un tratamiento antes de usar,

me explico

toda agua antes de ser usado en hidroponia debemos bajarlo a 6.5 o 6.3 si mi agua tiene un pH tiene un valor de 6.0 a 6.5 ¡Genial! esta agua es espectacular!!!

con esto no te estoy diciendo que tu agua con pH mayor a 6.5 no sirve, si sirve sólo hay que hacer un tratamiento con ÁCIDOS INORGANICOS mas adelante te voy enseñar cómo debes hacer, así por ahora siga leyendo este libro.

Un pH elevado indica que el agua es alcalina y/o con presencia de aniones.

Repito que para usar en hidroponía tenemos que bajar a 6.5 o 6.3.

## ¿Cómo bajar el pH del agua?

Con ácidos: **ácido nítrico, ácido fosfórico y/o ácido sulfúrico**, **NUNCA** uses ácidos orgánicos: ácido cítrico, vinagre o limón para bajar el pH

En el segundo clave del éxito te enseñaré cómo bajar el pH, este procedimiento se llama. TRATAMIENTO DEL AGUA.

## **b. Conductividad Eléctrica ( CE)**

La Conductividad Eléctrica (CE) mide la concentración total de minerales disueltos en el agua (o *en Solución Nutritiva cuando ya está preparada*).

Las unidades de medición son mili Siemens/cm (mS/cm) o deciSiemes/cm (dS/cm).

Algunos equipos o autores manejan unidades de TDS ( Sólidos Totales Disueltos), mide en unidades de ppm (partes por millon).

El FC ( Factor Conversión) para convertir de CE a TDS es 640

$$\text{TDS (ppm)} = 640 * \text{CE (mS/cm)}.$$

Los rangos de salinidad del agua.

< a 0.5 mS/cm----- agua no salina.

0.5 a 1.0 mS/cm-----agua de baja salinidad.

1.0 a 1.5 mS/cm-----agua ligeramente salina.

> a 1.5 mS/cm-----agua salina.

aguas con valores de EC superiores a 1.5 mS/cm sólo aptos para cultivos resistentes a la salinidad ( tomate, pimiento).

pero voy a serte práctico contigo

**Una AGUA EXCELENTE es aquella agua con una CE menor a 0.8 mS/cm.**

## **c. Sodio (Na)**

Presencia de Sodio (Na) en forma de Cloruro de Sodio (NaCl), **concentraciones mayores a 50 ppm** puede causar fitotoxicidad en los cultivos.

*<<< de aquí para adelante hablaremos mucho de ppm ( partes por millon)*

*ppm = mg/L = g/1000 L para mi es más cristiano hablar en gramos por 1000 Litros, es decir 50g de Na en un volumen de 1000L de agua >>>*

Agua con niveles de Sodio superiores a 125ppm una práctica habitual que optan algunos productores es renovar completamente la solución nutritiva en la mitad de cultivo (cada 2 semanas) o hacer renovaciones semanales o cada vez que se quiera añadir agua y nutrientes.

Las plantas se adecuan a la acumulación gradual del Sodio (Na), la lechuga a 100 ppm de Sodio y el tomate con concentraciones superiores a 250 ppm sin observar ningún efecto negativo.

Concentraciones altas de Sodio compiten con Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).

a concentraciones bajas de potasio (K) í parte de sodio (Na) es absorbida en lugar de Potasio (K) llegando a causar fitotoxicidad como el necrosamiento de las hojas.

#### **d. Cloruros ( Cl)**

Niveles de Cloro aceptable es de 70.0 ppm. Una forma de eliminar el Cloro es creando efecto ducha o pulverizando el agua en gotas menudas. Cloro es un gas volátil.

#### **e. Boro (B)**

Niveles apropiados de B 0.3 a 0.7 ppm.

Concentraciones superiores a 0.7 ppm puede causar fitotoxicidad en algunos cultivos.

Las plantas al igual con Na se adecuan a la acumulación gradual de B hasta 1.5 ppm B o mayores a este valor, sin presentar ningún efecto negativo en su desarrollo.

#### **f. Carbonatos (CO<sub>3</sub>=) y Bicarbonatos ( HCO<sub>3</sub>-)**

Agua con niveles de bicarbonatos entre 10 a 70 ppm no causará ningún efecto en la Solución Nutritiva y en el desarrollo de la planta.

Aguas con valores superiores a 70 ppm o 1.0 me/L deben ser tratadas con ácidos (ácido nítrico, ácido fosfórico y/o ácido sulfúrico). Un agua con pH elevado es debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos así a la presencia de Sulfatos, cloruros.

Una elevada concentración de  $\text{CO}_3^{=}$  y  $\text{HCO}_3^-$  generará formación de precipitados ( reacciones químicas) con Ca, Fe, Mn y Zn en la Solución Nutritiva.

**Si no cuidamos este procedimiento, o eliminamos los carbonatos o bicarbonatos podemos llegar a perder desde un 30 hasta un 50% de los nutrientes en la solución nutritiva.**

En la siguiente figura se muestra un resultado del análisis químico del agua de un laboratorio.

## La pregunta del millón

¿Si no tengo el análisis químico del agua que voy usar o estoy usando significa que no puedo iniciar Hidroponía?

### **¡Claro, que sí puedes iniciar!**

Pero será como andar en un auto sin revisar el nivel del combustible, aceites del motor, líquido de frenos, etc; el auto sí va andar pero no sabrás en qué momento se va detener o presentar algunas fallas mecánicas.

Por lo menos debes preocuparte de conocer el pH y Conductividad Eléctrica (CE) del agua que vas usar o que estas usando actualmente y en adelante solicitar el ANÁLISIS QUÍMICO a un laboratorio cercano.

## FUENTES DE ORIGEN DEL AGUA

### **Aguas superficiales**

Cuanto más superficial, mayor variabilidad a lo largo del año, mayor influencia del clima y mayor influencia del hombre, uno debe tener cuidado al momento de usar esta agua en hidroponía.

### **Aguas subterráneas**

Son aguas, cuya composición mineralógica son más estables a lo largo del tiempo, más recomendable para uso en Hidroponía. Así mismo, reduce las necesidades del análisis biológico y análisis físico.

### **Aguas tratadas**

Son aguas con pH regulado, bicarbonatos, minerales y cloro eliminado, por ejemplo aguas embotelladas.

El tipo de tratamiento que se hace para hidroponia es similar, explicaremos mas adelante.

### **Agua recolectada de lluvia**

Lluvia ácida (contiene ácido sulfúrico, ácido carbónico) una opción para el futuro.

# #2

## TRATAMIENTO DEL AGUA

Cerca de 90% de las aguas tienen un pH de 6.7 a 9.5 o inclusive superiores a este valor.

La mayoría de los productores no tienen o tenían el cuidado de hacer este tratamiento del agua, bajar el pH del agua a 6.3 o 6.5 antes de agregar los nutrientes o cada vez que se añada agua al tanque de la solución nutritiva.

### ¿Cómo conocer el valor de pH del agua a usar en hidroponía?

Al solicitar el análisis químico, el laboratorio te da un valor exacto del pH, además en tu operación de día a día, debes contar con un *Medidor de pH de bolsillo o pH-metro*.

conseguirlo es fácil, muy práctico para manejar y usar.

## ¡REPITO!

Toda agua que vas usar en Hidroponía, siempre verifique el pH con el medidor de pH (pHmetro), si al medir obtienes valor superior a 6.6 de pH, úsalo **Ácido Nítrico, Ácido Fosfórico y/o Ácido Sulfúrico** para bajar, hasta llegar a un valor de **6.5 o 6.3** luego recién agregue los nutrientes al tanque (tanque de almacenaje de Solución Nutritiva).



**SIEMPRE USE ÁCIDOS INORGÁNICOS: ácido fosfórico, ácido nítrico y/o ácido sulfúrico, el último es una sustancia controlada, conseguirlo es un poco complicado.**

Antes de agregar los Nutrientes o preparar la Solución Nutritiva en el tanque siempre baje el pH a 6.5 o 6.3.

Si no haces este tratamiento y agregas directamente nutrientes a agua con valor de pH superior a 6.6. de 30 a 50% de nutrientes reaccionaran entre ellos formandose bicarbonato de calcio, bicarbonato de magnesio, de zinc, ademas se formaran sulfatos de calcio, fosfatos de magnesio, etc.

La gente me pregunta

### ¿Puedo usar vinagre o limón para bajar el pH del agua y/o de Solución Nutritiva?

La respuesta es NO.

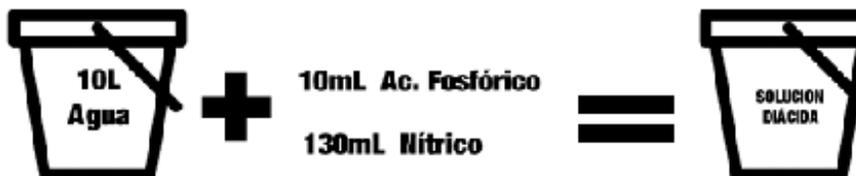
Bajas el pH, en pocas horas el pH volverá a subir, no te recomiendo para nada.

### ¿Por qué?

Son ácidos orgánicos ademas vas a contaminar la solución nutritiva y puedes llegar a tener el ataque de hongos entre ellos *phytium*.

### ¿Cómo bajar el pH a 6.5 o 6.3 ?

Prepare la Solución Diácida



Agarre 10 L de agua, agregue 130 mL de ácido nítrico + 10 mL de ácido fosfórico. ( 60mL de ácido sulfúrico si dispone, pero es una sustancia controlada, normalmente no encontramos de venta libre).

Homogenice y el resultado es la **SOLUCION DIÁCIDA**, si fueran tres ácidos sería solución triácida. vea el tutorial completo en mi canal de YouTube [https://www.youtube.com/watch?v=o\\_vAQkLv6TU](https://www.youtube.com/watch?v=o_vAQkLv6TU)

Una vez que tengas preparado la Solución Diácida, poco a poco agregue al tanque de agua hasta que el pH baje a 6.5 o 6.3 verificando con el medidor de pH, una vez que hayas bajado el pH, recién agregue los nutrientes, cada vez que necesites aumentar más agua al tanque de Solucion Nutritiva sigue el mismo procedimiento anterior.

*independientemente de tamaño del tanque (sea de 100L, 350L, 450L o 1200 L, etc)*

Tenga mucho cuidado al manipular los ácidos por dos razones:

*1ro. puedes quemarte (corrosivo) y siempre eche el ácido al agua y no al revés.*

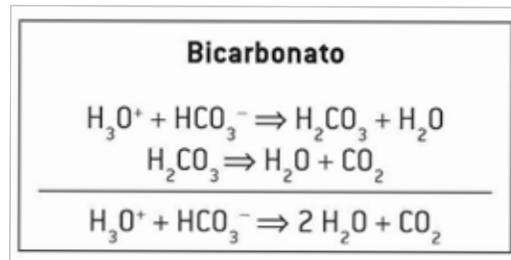
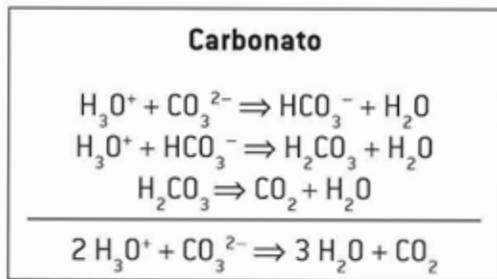
*2do. ten cuidado al momento de echar la solución diácida al tanque, cuidado de bajar bruscamente el pH. Subirlo será otra historia.*

En caso de que el pH baje mucho, usar Hidroxido de sodio ( soda caustica) para subir el pH.

Para subir el pH en 1Litro de agua agregue 10 mg de hidróxio de sodio. y poco a poco eche al taque hasta que el pH suba 6.0 a 6.2

En el siguiente cuadro se muestra la reacción que ocurre cuando se hace el tratamiento del agua.

Los carbonatos y bicarbonatos al entrar en contacto con los ácidos reaccionan formando ácidos carbónicos y estos a la vez en dióxido de carbono, el cual se volatiliza.



pH de la Solución Nutritiva mayor a 6.5. Para garantizar una máxima absorción de nutrientes, obligatoriamente bajar el pH a 6.5 o 6.3



pH en rango óptimo después de haber sido regulada con ácidos (solución diácida)

# #3

## FORMULACIÓN DE NUTRIENTES, MEZCLA Y COMPATIBILIDAD DE FERTILIZANTES

No te preocupes si no dominas hacer las formulaciones de los nutrientes, pida a un técnico.

Aquí puedes adquirir mi curso completo” o en “<https://renecabezas.com/productos/>” adquiera el curso completo de formulación de nutrientes y preparación de Soluciones Nutritivas para todos los cultivos en Hidroponía- y agricultura en general sin importar el lugar donde vives. Hoy en día no existen límites para no hacer. Muévete ya!!!

En los siguientes cuadros describo las concentraciones óptimas de nutrientes que uso actualmente, a mi me funciona perfectamente, si a mí me funciona bien estoy seguro que a tí también te vá funcionar bien, específicamente del cultivo de la lechuga.

Concentraciones óptimas de nutrientes para cultivo de Lechuga		
ELEMENTO	SIMBOLO	en ppm o mg/L
Nitrógeno	N-NO3	216
	NH4	24
Fósforo	P	40
Potasio	K	240
Calcio	Ca	180
Magnesio	Mg	45
Azufre	S	70
Hierro	Fe	1.0
Boro	B	0.5
Manganeso	Mn	0.5
Zinc	Zn	0.15
Cobre	Cu	0.15
Molibdeno	Mo	0.05
Fuente: Rene Cabezas (2018)		

El el cuadro anteiro el Nitrogeno total es de 240 ppm de los cuales el Nitrogeno en forma de amonio no debe pasar los 10 a 15% lo ideal es 6 a 7% ( en el anterior cuadro es de 10%)



Concentraciones óptimas de nutrientes para otras hortalizas de hoja, albahaca, apio, berro		
ELEMENTO	SIMBOLO	en ppm
Nitrógeno	N-NO3- N-NH4+	161.5 28.5
Fósforo	P	40
Potasio	K	220
Calcio	Ca	150
Magnesio	Mg	50
Azufre	S	70
Hierro	Fe	2.0
Boro	B	0.5
Manganeso	Mn	1.0
Zinc	Zn	0.15
Cobre	Cu	0.15
Molibdeno	Mo	0.05
Fuente: Rene Cabezas (2018)		



Requerimientos nutricionales de los cultivos de							
ELEMENTO		Tomate (en ppm)			Pepino ( en ppm)		
		Etapa Crec. Veget.	Etapa Florac.	Etapa Fructif	Etapa Crec. Veget.	Etapa Florac.	Etapa Fructif
Nitrógeno	N	195	175	200	190	180	210
Fósforo	P	45	60	65	40	60	60
Potasio	K	220	250	350	220	270	300
Calcio	Ca	150	170	180	150	150	150
Magnesio	Mg	45	45	45	45	45	45
Azufre	S	70	80	80	70	85	90
Hierro	Fe	1	2	2	1	2	2.0
Boro	B	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7
Manganeso	Mn	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Zinc	Zn	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Cobre	Cu	0.1	0.15	0.15	0.1	0.15	0.15
Molibdeno	Mo	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Fuente: Carlos Hidalgo-Universidad Científica del Sur ( 2014)



Requerimientos nutricionales de los cultivos de							
ELEMENTO		Berenjena (en ppm)			Pimiento ( en ppm)		
		Etapa Crec. Veget.	Etapa Florac.	Etapa Fructif	Etapa Crec. Veget.	Etapa Florac.	Etapa Fructif
Nitrógeno	N	195	175	195	190	180	190
Fósforo	P	45	60	65	45	65	65
Potasio	K	220	300	380	220	300	350
Calcio	Ca	150	170	185	150	170	185
Magnesio	Mg	45	45	45	45	45	45
Azufre	S	70	85	90	70	90	90
Hierro	Fe	1	2.5	2.5	1	2.5	2.5
Boro	B	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7
Manganeso	Mn	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Zinc	Zn	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Cobre	Cu	0.1	0.15	0.15	0.1	0.15	0.15
Molibdeno	Mo	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Fuente: Carlos Hidalgo-Universidad Científica del Sur ( 2014)

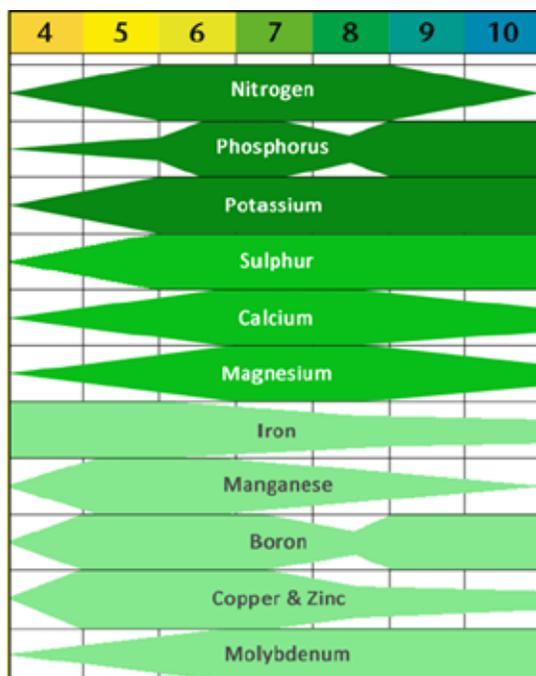
Requerimientos nutricionales del cultivo de fresa			
ELEMENTO		en ppm	
		Etapa Crec. Veget.	Etapa Florac.
Nitrógeno	N	180	170
Fósforo	P	45	50
Potasio	K	260	320
Calcio	Ca	160	170
Magnesio	Mg	50	50
Azufre	S	70	70
Hierro	Fe	2.0	2.5
Boro	B	0.8	1.0
Manganeso	Mn	1.0	1.0
Zinc	Zn	0.2	0.25
Cobre	Cu	0.2	0.25
Molibdeno	Mo	0.08	0.10

Fuente: Alfredo D. Rodríguez-Universidad Agraria La Molina, 2016

# #4

## CONTROL Y MONITOREO DE LA SOLUCION NUTRITIVA

### pH de la Solución Nutritiva



El pH, uno de los parámetros importantes influye en la absorción de nutrientes en la solución nutritiva.

La mayor parte de los nutrientes muestran su máxima disponibilidad dentro de los intervalos de 5.5 a 6.5 de pH.

Es crucial mantener el pH en rango de 5.5 a 6.5 en la zona radicular o la zona rizósfera en todo cultivo.

El pH nunca permanecerá constante en la Solución Nutritiva dado las siguientes condiciones.

- Plantas pequeñas en crecimiento absorben más aniones que cationes, es decir, absorben más Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y en menores cantidades Potasio (K), Calcio (Ca) y el pH tiende a subir.
- Plantas adultas o en producción absorben más cationes que aniones, más potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) que Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), por lo tanto el pH tiende a bajar.

### Conductividad Eléctrica ( CE) de la solución nutritiva.

La Conductividad Eléctrica (CE) mide la concentración de nutrientes disueltos en la solución nutritiva en unidades de “Siemens” con los diferentes prefijos mS/cm (mili Siemens/cm), dS/m (deciSiemens/m), uS/cm (microSiemens/cm), etc.

La unidad más común es mS/cm.

Algunos autores expresan en “ppm” (partes por millón) unidades de TDS mide los Sólidos Totales Disueltos en la Solución Nutritiva.

Factor de conversión para llevar de CE a TDS y/o viceversa.

$TDS (ppm) = 640 \times CE (mS/cm)$ .

CE (mS/cm)	Factor	TDS (ppm)
1.8	640	1 152
2.4	640	1 536

Para muchos cultivos los requerimientos nutriciones se encuentran tabuladas como referencia.

Sin embargo, Los factores ambientales influirán en la demanda de los nutrimentos:

Variedad del cultivo, estado fenológico, temperatura, intensidad lumínica, radiación, calidad del agua.

Aguas de baja salinidad inferiores a 0.8mS/cm manejar en los siguientes rangos recomendados, teniendo en cuenta los factores descritos anteriormente.

Valores recomendados de pH y CE en diferentes tipos de cultivos y según la etapa fenológica.

Considere la CE del agua a usar sea menor a  $EC < a 0.8 \text{ mS/cm}$

### Rangos de pH y Conductividad Eléctrica (CE) recomendados para cultivo de lechuga



pH mínimo: 5.5  
CE mínimo: 1.5 mS/cm



pH máximo: 6.5  
CE máximo: 2.4 mS/cm

### Rangos de pH y Conductividad Eléctrica (CE) recomendados para culti-

Etapa  
Crecimiento  
Vegetativo



CE mínimo:  
2.0 mS/cm  
CE máximo:  
2.2 mS/cm

Etapa  
Floración



CE mínimo:  
2.2 mS/cm  
CE máximo:  
2.5 mS/cm

Etapa  
Fructificación



CE mínimo:  
3.3 mS/cm  
CE máximo:  
3.5 mS/cm

### Rango de pH óptimo para las tres etapas de desarrollo: 6.0 a 6.5 para cultivo de frutilla en sustrato inerte

Etapa  
Crecimiento Vegetativo



CE mínimo: 1.8 mS/cm  
CE máximo: 1.9 mS/cm

Etapa  
Floración y Fructificación



CE mínimo: 2.0 mS/cm  
CE máximo: 2.2 mS/cm

Rango de pH óptimo de Solución Nutritiva en las tres etapas: 5.5 a 6.5

## **CONTROL Y MONITOREO DE pH Y CE EN LA SOLUCIÓN NUTRITIVA**

El control y monitoreo de la solución nutritiva difiere en sistema recirculante y en cultivos en sustrato

### **Control y monitoreo de pH en sistemas recirculantes**

En los sistemas recirculante la solución nutritiva debe monitorearse en cada preparado y al menos diariamente.

- Si el pH es mayor a 6.5 use la “Solución Diácida”. para bajar
- Si el pH es inferior a 5.5, lo más recomendable para subir el pH hidróxido de potasio (KOH) por elevado costo de adquisición, puede reemplazar con **hidróxido de sodio (NaOH) o soda cáustica.**
- Evite llegar a los límites críticos de pH en la Solución Nutritiva 4.0 y 7.0 por debajo del 4.0 causará quemaduras de las raíces y por encima de 7.0 ocurrirá precipitaciones de nutrientes causando deficiencia en la nutrición del cultivo.

*Manipule cuidadosamente los ácidos y las bases son corrosivas, use guantes de goma o guantes quirúrgicos y siempre eche los ácidos al agua y no al revés.*

### **Control y monitoreo de Conductividad Eléctrica en sistema recircuante.**

- Si la CE es menor a 1.5 mS/cm, aumentar la solución concentrada (A, B y C), las 3 en la misma proporción.
- Si la CE es mayor a lo requerido 2.4mS/cm aumentar más agua, así bajará la concentración de nutrientes en la Solución Nutritiva.

*Toda agua añadida a la Solución Nutritiva debe ser previamente tratada, es decir, debe tener un pH entre 6.5 y 6.3*

### **Control y monitoreo de pH y CE en cultivos en sustrato inerte**

En cultivos en sustrato, en la mayoría de las instalaciones la solución nutritiva no regresa al reservorio como en sistema recirculante. El manejo

del pH y EC es más sencillo, se hace en el momento de preparado de la solución nutritiva y la CE de la solución nutritiva drenada. (evite salinizaciones).

EVITE que el sustrato llegue a salinificarse; exceso de salinidad afecta severamente al desarrollo y la productividad del cultivo.

Por simple lógica, la CE saliente del sustrato debería ser menor que la CE entrante por el sistema de goteo. Se supone que las plantas están absorbiendo los nutrientes, **pero en la realidad no es así.**

Por la aplicación continua de la Solución Nutritiva, existe acumulación de sales minerales como sodio (Na), bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), cloro (Cl), sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y algunos minerales que la planta no los llega a absorber en su totalidad.

### ¿Como controlar la salinidad?

Con la ayuda de una jeringa extraiga la solución nutritiva de las mangas de sustrato o en mejor de los casos, obtenga la solución nutritiva drenada y verificar el pH y la CE.



El rango de aceptabilidad de CE de la solución saliente es de **0.5 a 1.0 punto**

Ejemplo

La CE de la solución nutritiva que entra por riego goteo es 3.5 mS/cm y la CE saliente es de 4.5 mS/cm, teniendo estas condiciones rápidamente debes hacer lavado del sustrato.

El lavado del sustrato se hace regando sólo con agua (sin nutrientes) hasta que la CE saliente sea igual o inferior al valor de la CE entrante por mangas

El pH del sustrato no debe exceder más de 6.8. Sin embargo los rangos de pH óptimos son de 6.0 a 6.5.

en cultivos en sustrato sólido el riego con solución nutritiva son los 6 días de la semana y 1 día regar con sólo agua, de hecho con agua tratada (con pH 6.5-6.3) Los rangos permisibles de drenaje de las mangas de sustrato es de 8 a 10%, superiores a este valor del volumen genera pérdidas de nutrientes por excesos drenaje

### RANGOS DE MINERALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS PERMISIBLES EN HIDROPONIA

En el siguiente cuadro se describen los rangos de los minerales en la solución nutritiva según varios autores, nutrientes esenciales y no esenciales en agua y en solución nutritiva.

Elementos y formas iónicas absorbidas por la planta, rangos comunes en (ppm = mg/L).

<b>Elemento</b>	<b>Formas iónicas absorbidas por la planta</b>	<b>Rango Común (ppm = mg/l)</b>
Nitrógeno	Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), Amonio ( $\text{NH}_4^+$ )	150-250
Fósforo	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{HPO}_4^{2-}$	30-80
Potasio	Potasio ( $\text{K}^+$ )	200-400
Calcio	Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ )	120-200
Magnesio	Magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ )	30-80
Azufre	Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	50-200
Hierro	$\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$	0.8-6.0
Cobre	Cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ )	0.08-0.3
Manganeso	Manganeso ( $\text{Mn}^{2+}$ )	0.5-2.0
Zinc	Zinc ( $\text{Zn}^{2+}$ )	0.1-0.6
Molibdeno	Molybdato ( $\text{MoO}_4^{2-}$ )	0.01-0.15
Boro	$\text{BO}_3^{2-}$ , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$	0.2-0.6
Cloruro	Cloro ( $\text{Cl}^-$ )	<75
Sodio	$\text{Na}^+$	<50
Bicarbonatos	$\text{HCO}_3^-$	<50

## RESUMEN

### ¿CÓMO CONTROLAR EL PH Y LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)?

El pH de la Solución Nutritiva (SN) nunca será estable a lo largo del tiempo, mantenerlos es un reto, más cuando uno está iniciando.

**Cómo bajar el pH en la SN:** agregue la solución diácida poco a poco hasta que llegue a un valor máximo de pH 6.5 y mínimo pH 5.5

“No te olvides cada vez que eches nueva agua siempre haga con un valor de pH 6.5 o 6.3.

**Cómo subir el pH en la SN:** pocas veces será necesario subir el pH de la Solución Nutritiva subirlo puedes hacer con Hidróxido de Potasio (KOH) o Hidroxido de Sodio (NaOH) “Soda Caustica” hasta un valor máximo de pH 6.0 0 6.5 máximo.

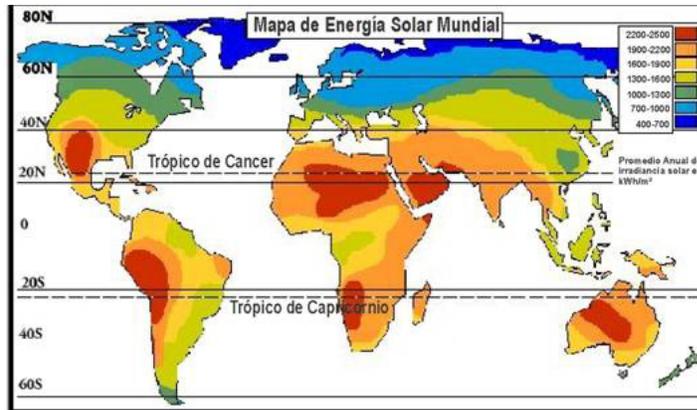
**Cómo subir EC de la SN:** agregue más nutrientes (Solución Concentrada A, B y C).

**Cómo bajar EC en SN:** Agregue más agua, así bajará la concentración de los nutrientes y con ello la CE.

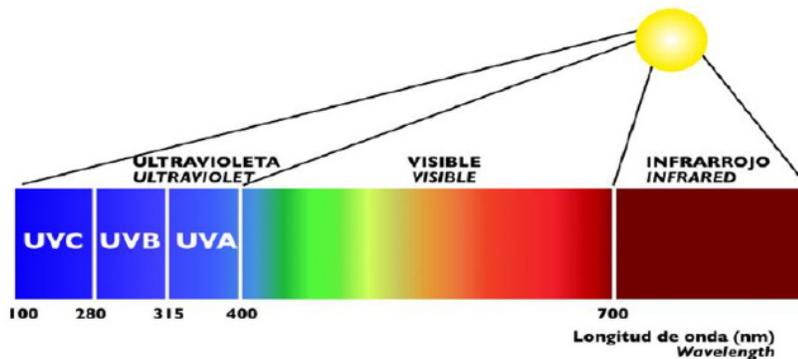
# #5

LOS 4 FACTORES DE PRODUCCIÓN: RADIACION, TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA Y CONCENTRACIÓN DE CO2

## RADIACIÓN



Zonas de color rojo intenso, son zonas donde la radiación llega con mayor intensidad.



### RADIACIÓN ULTRAVIOLETA (UV)

De 100 a 400 nm de longitud de onda.

- UVC radiación absorbida por la capa de Ozono y no llega a la superficie terrestre.
- UVB radiación que causa quemaduras de piel, genera cáncer.
- UVA radiación que bronce la piel.



La radiación UV deteriora y acorta la vida los materiales, menor durabilidad de las cubiertas plásticas y daños por quemadura a las plantas y frutos.

Bloqueo de UV: Plásticos que poseen protección TOTAL(Plástico AV), NORMAL y BAJO (Nectarine).

Especies, variedades de cultivo los requerimientos de radiación UV son diferentes.

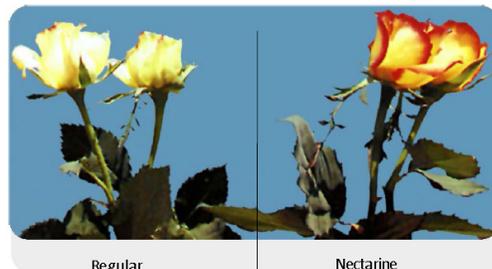
- Plástico Regular

- Plástico IR AV



Fuente: Villarroel Luis Jorge, INTAGRI 2017

Flor de rosa roja: Requiere una cobertura de plástico con protección UV Izq( Quemadura causada por Radiación UV) Der. ( posee cobertura de plástico con protección UV total)



Fuente: Villarroel Luis Jorge, INTAGRI 2017

Flor de rosa bicolor (jaspeada) Requiere Radiación UV para su coloración. Izq.( posee cobertura de plástico con protección UV total). Der.( Coloración real, requiere UV)



Las lechugas de color morada requieren radiación UV para adquirir el color intenso, a diferencia de lechugas verdes.

Efecto de Plástico con bloqueo **UV Total** en evasión de insectos



Los Hongos fotosensibles necesitan UV para producir esporas y reproducirse, *Botrytis* ( bloqueo de 300 a 400 nm), *Scletrocinia Alternaria*



Plásticos con protección UV aportan mas beneficios a la mayoría de los cultivos, superficies de invernaderos con grandes extensiones de cultivo requieren insectos polinizadores, el bloqueo de UV dificulta el movimiento de los insectos polinizadores, las abejas y otros insectos polinizadores requieren Radiación UV para la visión

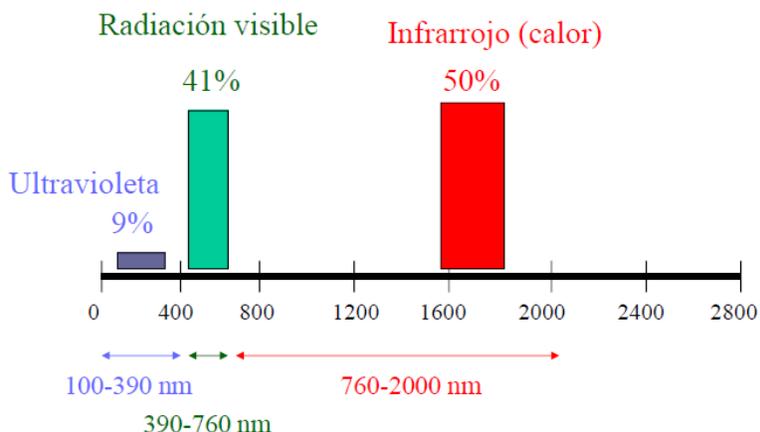


Es aquí la explicación científica el por qué atrae el color amarillo al pulgon y el color azul a Trips ( trampas entomológicas) no causa efecto negativo en ácaros ni arañuelas.

Del 100% del total de radiación que llega a la superficie terrestre sólo el 9% es la radiación Ultravioleta (UV).

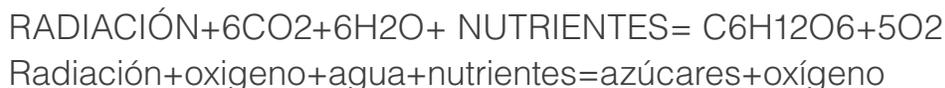
## RADIACION FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA (RFA)

Las plantas requieren la Radiación visible o RADIACION FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA (RFA).



Del 100% de Radiación Global, sólo el 41% es RFA útil para el desarrollo de las plantas, útil para el proceso de fotosíntesis, la reducción en 1% del ingreso de RFA dentro del invernadero reduce la producción en un 0.84% en rendimiento.

¿ Ves que tan importante es la RFA para las plantas?



la planta mediante este proceso obtiene azúcares.los cuales se convierte en más hojas nuevas , mas flores, mas ramas y sobre todo fruto. Por eso es tan importante cuidar el ingreso de la RFA dentro del invernadero.

### Las características del plástico determina la CALIDAD y CANTIDAD de luz que llega a las hojas

- Composición química de la película
- Espesor de la película: para cubiertas de 150 a 200 micras de grosor
- Aislamiento térmico

-Infrarrojo (IR)

- Efecto anti-polvo en la capa externa
- Efecto Anti-Goteo

-Anti Drip (AD)

- Efecto anti-niebla en la capa interna

-Anti Fog (AF)

- Difusión de la Luz.
- Filtro UV

-Anti Virus (AV)

## Otras características de los plásticos

### Propiedades mecánicas

*-Resistencia a la tensión- Elongación en Rotura- Resistencia al rasgado- Resistencia al impacto*

### Duración y envejecimiento

Un plástico se considera degradado cuando pierda el 50% de sus propiedades de protección.

Un plástico tiene un ciclo de vida de 6 a 36 meses, tenemos la mentalidad de que si el plástico más tiempo dura, no tengo que comprar otro nuevo. Sin embargo debemos tomar más en cuenta las propiedades fotovoltaicas de protección hacia el cultivo. También la aplicación de productos químicos como azufre y cloro dañan los plásticos.

Se consideran

Plásticos de baja resistencia 50ppm Cl y 500ppm S

de alta resistencia 150ppm Cl y mayor a 3000ppm S.

## CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE LOS PLÁSTICOS

### TRANSMISIÓN DE LA LUZ

El plástico debe tener la capacidad de dispersar la radiación entrante dentro del invernadero, capacidad de difundir la radiación.

En zonas de alta radiación solar se prefiere una mayor difusión, al contrario de otras zonas donde la difusión ya ocurre por la alta nubosidad



Plastico NO DIFUSO

Plastico DIFUSO



LUZ NO DIFUSA



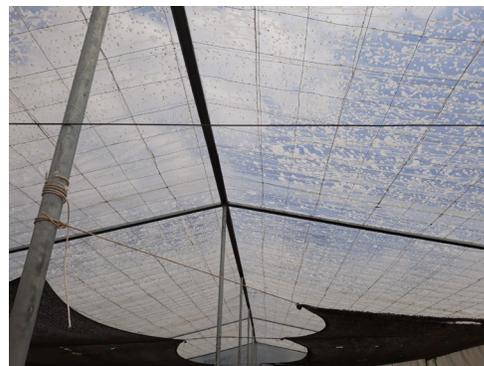
LUZ DIFUSA

Fuente: Extaido de Villarroel Luis Jorge, INTAGRI 2017

Una de las experiencias que tuvimos en cultivo de lechuga fue instalamos cobertura con plástico transparente de 200 micrones y el resultado fue un exceso incremento de temperatura dentro el invernadero durante el día, por lo cual tuvimos que hacer caleado del techo exterior del plástico con pintura Látex blanca, una práctica habitual en los invernaderos de Almería España.



Plástico transparente de 200 micrones



Después de ser caleado con pintura

Reduce la acumulación de polvo

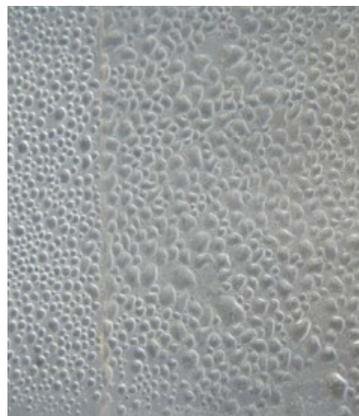


## ANTI-GOTEO

Por la caída de la temperatura en la noche, se genera una rápida subida de la Humedad Relativa y condensación de agua en la superficies más frías, como la parte interna de la cubierta.



Anti-goteo



Sin anti-goteo

En la noche las plantas respiran, toman Oxígeno (O<sub>2</sub>) y liberan Dioxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

La tasa de fotosíntesis es alta en las primeras horas de la mañana por la acumulación de CO<sub>2</sub> durante la noche anterior.

Si el plástico no poseera aditivos antigoteo ocurre la acumulación de gotas de agua al llegar los primeros rayos del sol éstos causan un rebote (forma cóncavo) de los rayos hacia el exterior, reducción de ingreso, afectando la fotosíntesis de las plantas y reducción de rendimientos.

El aditivo antigoteo reduce el goteo a las hojas y mejora la transmisión de luz.



Extraído de <http://www.metaliser.com/>

Evita la caída de las gotas sobre las plantas, disminuyendo la incidencia de las enfermedades.

### EFECTO TÉRMICO(IR)

La Radiación IR ( Radiación larga) comprende de 700 a 2500 nm de longitud de onda y es el responsable del calentamiento de la superficie terrestre y de los materiales.

Si una estructura no tiene una cubierta térmica, esta estructura no se puede decir que sea un verdadero invernadero, sino una sola protección a la planta. En zonas tropicales no requerimos con protección IR (Térmico).

### TERMICAS (IR)

Cubierta Normal	Cubierta Térmica
Buena transparencia a los rayos ultravioletas visibles e infrarrojos cortos.	Menor transparencia.
Deja pasar el 60 al 70% de la irradiación del suelo y de las plantas.	Gran efecto térmico. Deja pasar el 15 al 18% de la irradiación del suelo y de las plantas.
Buenas propiedades mecánicas	Buenas propiedades mecánicas
Posibilidad de inversiones térmicas.	Reducción de la posibilidad de Inversiones térmicas y heladas.
Control adecuado de la temperatura dentro del invernadero.	Necesidad de ventilación en épocas calurosas.

Mayor duración de las películas	Reducción en el tiempo de vida de las películas.
Precio menor.	Precio mayor.

Fuente.: Extaido de Villarroel Luis Jorge, INTAGRI 2017

## TEMPERATURA

Puede considerarse el factor mas importante a efectos de control de clima en el invernadero



Influye en:

Fotosíntesis de las plantas

Procesos fisiológicos de las plantas (absorción de agua, crecimiento, elongación del tallo, desarrollo foliar, floración, fructificación, etc.)

Procesos metabólicos de las plantas( producción de azúcares, antioxidantes, etc.)

Valores deseables para el desarrollo de las plantas

Temperaturas óptimas diurnas entre 17 a 22°C y temperaturas óptimas nocturnas de 14 a 18°C.

La temperatura de la solución Nutritiva influye en la absorción de los nutrientes, temperaturas recomendables de Solucion Nutritiva entre 15°C y 24°C. Temperaturas bajas disminuyen absorción de los nutrientes por lo cual mantener mayor Conductividad Eléctrica (CE)

En épocas de frio en cultivo de lechuga manejar la CE entre 2.2 a 2.4 mS/cm y pH entre 5.8 a 6.0

En epocas de calor ( temperaturas elevadas) manejar la CE entre 1.5 a 2,2 mS/cm.

T° MÍNIMA LETAL: Aquellas por debajo de la cual se produce daño irreversible (heladas).

T° MÁXIMA Y MÍNIMA BIOLÓGICA: Aquellas por encima y por debajo de las cuales la planta no realiza correctamente sus funciones, deteniendo su crecimiento y desarrollo.

T° ÓPTIMAS DIURNAS Y NOCTURNAS: Valores deseables para el correcto desarrollo de las plantas.

°T mínimas letales: entre 0°C y 2°C

°T mínimas biológicas: entre 8°C y 12°C

°T máximas biológicas: entre 28°C y 30°C

°T óptimas diurnas: entre 18°C y 22°C

°T óptimas nocturnas: entre 14°C y 18°C

Todas son algo menores para la lechuga, fresa, flores cortadas.

Especie	T° mínima letal	T° mínima biológica	T° óptima nocturna	T° óptima diurna	T° máxima biológica
Tomate	0-2	8-10	13-16	22-26	26-30
Pepino	0-4	10-13	18-20	24-28	28-32
Melón	0-2	12-14	10-21	24-30	30-34
Calabacín	0-4	10-12	15-18	24-30	30-34
Sandía	0	11-13	17-20	23-28	30-34
Judía	0-2	10-14	16-18	21-28	28-35
Pimiento	0-4	10-12	16-18	22-28	28-32
Berenjena	0-2	9-10	15-18	22-26	30-32
Lechuga	(-2)-0	4-6	10-15	15-20	25-30
Fresa	(-4)-0	6	10-13	18-22	26-30
Clavel	(-4)-0	4-6	10-13	18-21	26-32
Rosa	(-6)-0	8-12	14-16	20-25	30-32
Crisantemo	---	6-8	13-16	20-25	25-30

Fuente: Extraído de Soriano, M.T; 2017. IFAPA-España

## HUMEDAD RELATIVA

Humedad Relativa (%) óptimas en cultivos hortícolas

Cultivo	%HR
Tomate	50-60
Pimiento	50-60
Berenjena	50-65
Pepino	70-90
Melon	60-70
Calabacín	65-80
Sandía	65-75
Judía	60-75
Fresón	70-80
Guisante	65-75
Lechuga	60-80
Acelga	60-70
Apio	65-80

### Efectos que produce la Humedad Relativa elevada

- Reduce la transpiración.
- Disminuye la absorción de agua por las raíces y, por tanto, la de nutrientes disueltos en ella.
- Disminuye el crecimiento
- Falta de fecundación de la flor por apelmazamiento del polén.
- Enfermedades producidas por hongos, bacterias, etc.



Bacteriosis en tomate por exceso de humedad  
Fuente: Soriano, M.T. (2017).



Daños causados por *Botrytis cineria*-Tomate  
Foto: Rafael Elizondo Pásten.



Conidioforo y conidio del micelio de hongo *Oidium* en Pimiento  
Fuente: Coca M. (2014).

Efectos que produce la Humedad Relativa baja

- La transpiración es muy intensa y puede deshidratarse
- Cierre de estomas con reducción de crecimiento y producción
- Deficiente fecundación y caída de las hojas.
- Fisiopatías: cracking o agrietado, blossom o podredumbre apical



Blossom End Root (BER) en Pimiento  
Fuente: Soriano, M.T. (2017)



Blossom End Root (BER) en Tomate,  
deficiencia de Calcio por  
exceso de transpiración, HR baja

Entre los 16 elementos esenciales

El Calcio (Ca) y el Boro (B) juegan un rol importante en la expansión y multiplicación de nuevas células en los ápices de los brotes apicales y puntas de las raíces y en la formación de nuevos frutos.

El principal medio de transporte de Ca y B es por la Xilema, y sólo el 5% del Ca y B llegan al fruto, el 90% de la pared celular es formada por Ca y B y cumplen la función de mantener la integridad de la membrana celular y fuente de defensa de la planta.

El intercambio gaseoso de la planta con el ambiente se realiza debido a la diferencia de las concentraciones del vapor de agua.

Si la concentración del agua en el ambiente es mayor dentro mesófilo de la hoja, la planta no podrá hacer el intercambio gaseoso por lo tanto cae el transporte del calcio hacia los órganos de alta expansión y división celular. (frutos) con ello la tasa de fotosíntesis cae.

De igual forma en ambientes de baja Humedad Relativa, la planta por exceso de transpiración, cierra las estomas para evitar la deshidratación así igual cae el transporte del calcio hacia las zonas de alta demanda (frutos).

Manejo de temperatura y Humedad Relativa en cultivos protegidos

Ventilación: ventanas cenitales + ventanas laterales. Fuente: Baeza, 2007

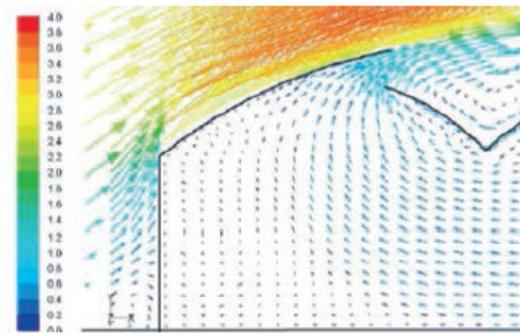
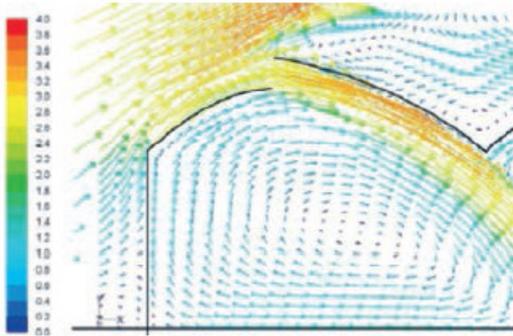
Las superficies en ventanas ha de ser entre un 15 a 25% de la superficie que ocupa el invernadero sin considerar la superficie cubierta con malla.



Vectores de velocidad del aire dentro y alrededor de la primera capilla sobre la que incide el viento para ventilación de barbolento y de sotavento.

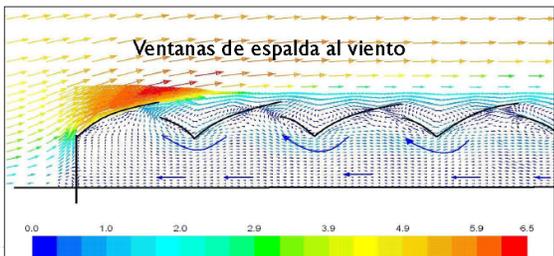
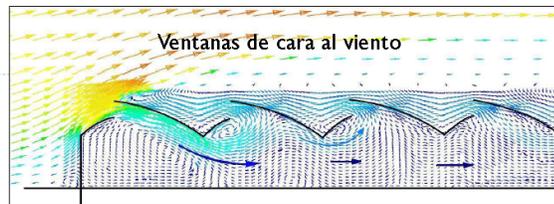
Ventilacion de barbolento

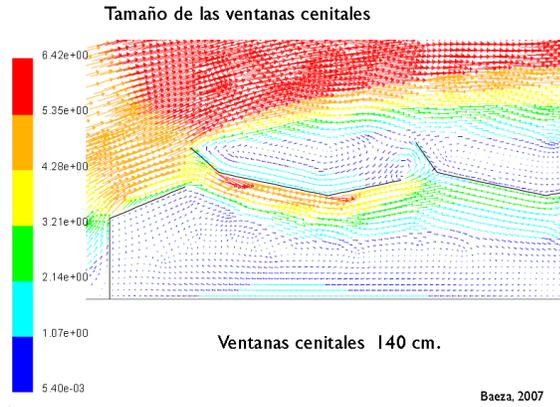
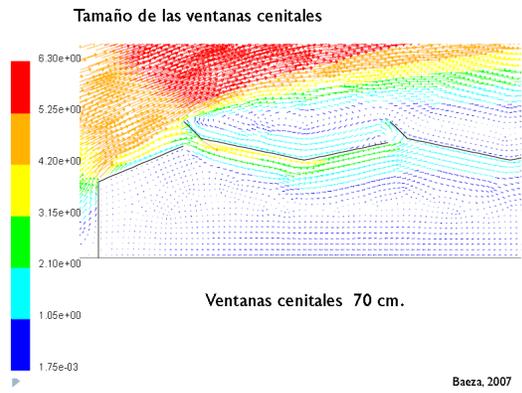
Ventilacion de sotavento



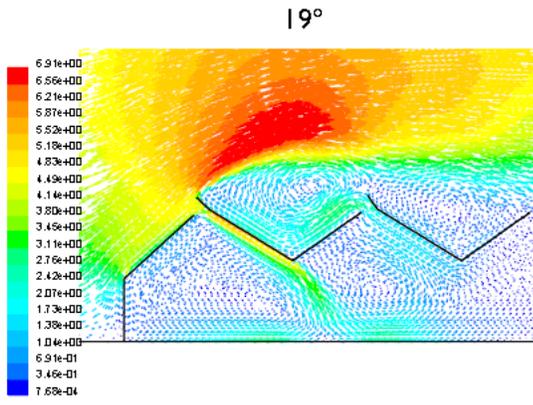
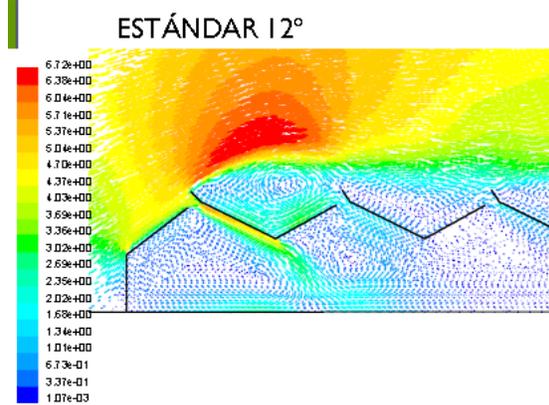
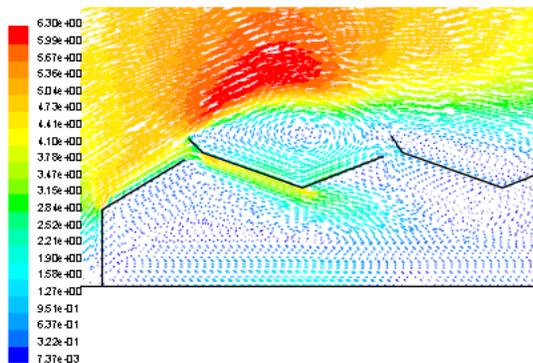
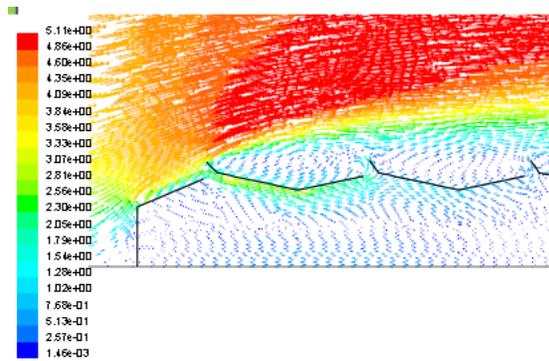
Fuente; Montero (2010).

La renovación del aire es más eficiente en invernaderos con ventanas expuestas en dirección opuestas del viento (barlovento) que sotavento (ventas expuestas en la misma dirección del viento).



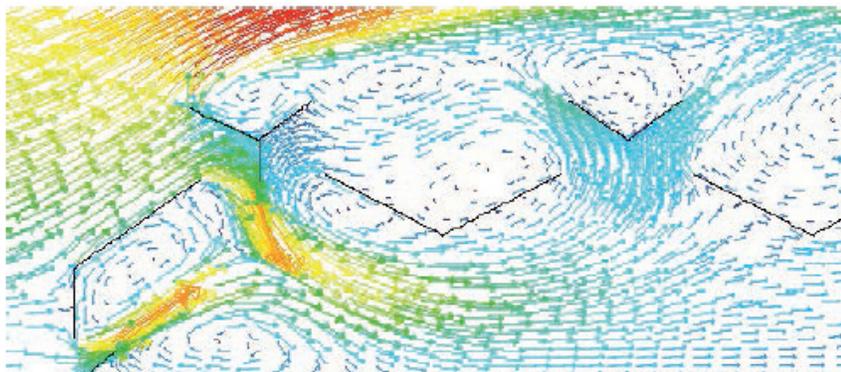


Efecto de la pendiente del techo en la ventilación ventilación eficiente hasta los 25° a 30° a partir de los 32° reduce la tasa de ventilación



Fuente: Baeza, 2007

Nuevos prototipos mejorados con deflectores verticales para mejorar la ventilación



Un invernadero en condiciones de clima valles debe tener una altura lateral al menos de 3.0m mientras que en zonas cálidas altura lateral mínima 3.5m para garantizar mayor ventilación y renovación del aire dentro del invernadero.

## CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

El 40% de la materia seca de las plantas es carbono, obtenido de la atmósfera en el proceso de la fotosíntesis.

composición del aire 0,035% de dióxido de carbono (350-360ppm)

Concentración óptima para los cultivos: 600-900ppm (depende de época, cultivo, radiación, temperatura y humedad).

Interior de invernaderos herméticos disminuye notablemente en las horas centrales del día y se convierte en un factor limitante para el crecimiento del cultivo

Enriquecimiento carbonico a 600ppm (cantidad más rentable desde el punto de vista económico).

## **CAPITULO DOS**

# **SOLUCIONES NUTRITIVAS**

## SOLUCIONES NUTRITIVAS

¿Qué es la solución nutritiva?

La solución nutritiva es una mezcla de agua y fertilizantes hidrosolubles, las cuales son formuladas de acuerdo al tipo de cultivo y estado fenológico de la planta.

En la solución nutritiva los nutrientes se encuentran en forma iónica y en proporciones adecuadas de aniones ( $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{MoO}_4^{2-}$ ,  $\text{BO}_3^{2-}$ ,  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ) y cationes ( $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ).

No existe una solución nutritiva óptima para todos cultivos, cada especie, variedad, estado fenológico de la planta, intensidad lumínica, radiación, Humedad Relativa, hacen que los requerimientos de nutrientes varíen.



### Requerimientos nutricionales de los cultivos en hidroponía

El requerimiento nutricional de la lechuga, tomate, pimiento, pepino son muy diferentes, inclusive en la misma variedad el requerimiento nutricional es distinto: por ejemplo el tomate Cherry tendrá requerimiento nutricional diferente al tomate Elpida (híbrida)

La preparación y manejo de la Solución Nutritiva para Hidroponía y Ferti-riego requiere conocer de

- Características de la variedad a establecer
- Calidad del agua de riego

- Aporte de minerales del agua de riego

- Características del fertilizante.

Riqueza y pureza del fertilizante.

Influirá la forma que se hace el cálculo de la Solución Nutritiva.

Modo de preparación de Solución Madre o Solución Concentrada (en algunos regiones o países preparan Solución Concentrada A y B; yo personalmente manejo A, B y C, algunos manejan A,B,C y D).

Mezcla y compatibilidad de fertilizantes.

Si es mediante riego por goteo, la forma de inyección es mediante automatismo.

Control y monitoreo nutrimental: pH y Conductividad Eléctrica (CE).

## **Nutrientes esenciales**

Todas las plantas requieren en total 16 nutrientes esenciales para completar su ciclo de vida:

Macronutrientes

Carbono( C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O)

Nitrógeno (N), Potasio (K), Fosforo (P), Calcio ( Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S).

Micronutrientes

Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc(Zn), Boro( B), Cobre( Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl) Niquel (Ni).

Sin embargo, existen algunos elementos que se consideran benéficos para la planta que no son esenciales, debido a que estimulan el desarrollo de la planta: Aluminio (Al), Cobalto (Co), Sodio(Na), Selenio (Se) y Silicio (Si) responsables de la promoción del crecimiento en las plantas. Extraído de Intagri S.C, Pilon, *et. al.* 2009.

Fuente de Carbono: Dióxido de Carbono.

Fuente de Oxígeno: Dióxido de Carbono y agua.

Fuente de H: Agua

El 4% forman los 13 minerales K, N, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo, los cuales se suministran en forma de sales minerales o fertilizantes, fuente de nutrientes.

# FERTILIZANTES MÁS USADOS PARA FORMULAR Y PREPARAR SOLUCIÓN NUTRITIVA EN HIDROPONIA

## Fertilizantes de composición simple

Son aquellos que en sus composición tienen 1 o 2 elementos (2 minerales), formular es más fácil, pero tenemos que usar 8 a 17 fertilizantes para completar los requerimientos nutricionales del cultivo.

## Fertilizantes de composición mixta

Son aquellas que en sus composición tienen más de 2 elementos; por ejemplo el NITRO-S que tiene 13%N-NO<sub>3</sub>, 17%N-NH<sub>4</sub>, 2%K<sub>2</sub>O, 11%S y 2%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, inclusive pueden venir con micronutrientes en su composición de los cuales se pueden usar apenas 2 o tres sacos.

SULFATO DE MAGNESIO



% RIQUEZA: 13% S y 16%MgO  
%PUREZA: 95%

NITRO-S



% RIQUEZA: 13%N-NO<sub>3</sub>, 17%N-NH<sub>4</sub>, 11%S, 2%K<sub>2</sub>O y 1%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
%PUREZA: 95%

FOSFATO MONOAMÓNICO



% RIQUEZA: 12% N-NO<sub>3</sub> y 61%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
%PUREZA: 95%

NITRATO DE CALCIO



% RIQUEZA: 1.1% N-NH<sub>4</sub>, 14.4%N-NO<sub>3</sub> y 26%CaO  
%PUREZA: 95%



SULFATO DE POTASIO  
% RIQUEZA: 50% K<sub>2</sub>O y 18%S  
%PUREZA: 95%



NITRATO DE POTASIO  
% RIQUEZA: 13% N-NO<sub>3</sub> y 45%K<sub>2</sub>O  
%PUREZA: 95%



NITRATO DE MAGNESIO  
% RIQUEZA: 11% N-NH<sub>4</sub> y 15%MgO  
%PUREZA: 95%



FOSFATO MONOPOTÁSICO  
% RIQUEZA: 52%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 34%K<sub>2</sub>O  
%PUREZA: 95%

Los fertilizantes anteriormente descritos son los mas usados en hidroponía, en otras regiones o países puede existir otros sales minerales (fertilizantes) que puedan usarse o reemplazar como fuente de los macronutrientes, entre ellos podemos mencionar CLORURO DE POTASIO, SUPERFOSFATO TRIPLE, ETC. tener cuidado con niveles excesos de cloro.

Para hacer las formulaciones y preparaciones de soluciones nutritivas de hidroponia y/o fertirriego, importante que los fertilizantes sean HIDROSO-LUBLES así evitar el taponeamiento de los goteros.

### Sales minerales ( o fertilizantes) fuente de micronutrientes



**SULFATO DE ZINC**  
% RIQUEZA: 29% Zn y 36%S  
%PUREZA: 95%



**ÁCIDO BÓRICO**  
% RIQUEZA: 52% B2O5  
%PUREZA: 99.6%



**SULFATO DE MANGANESO**  
% RIQUEZA:33% Mn y 22%SO4  
%PUREZA: 85%



**SULFATO DE COBRE**  
% RIQUEZA: 25% Cu y 13%S  
%PUREZA: 95%



**MOLIBDATO DE AMONIO**  
% RIQUEZA: 54% Mo  
%PUREZA: 99.0%



**QUELATO DE HIERRO**  
% RIQUEZA: 6% Fe  
%PUREZA: 98.0%



**ÁCIDO BÓRICO** % RIQUEZA: 52% B2O5  
%PUREZA: 99.6%

Los sales minerales descritos, fuente de micronutrientes no son los únicos,por ejemplo el BORAX, QUELATOS DE HIERRO: EDTA 10%Fe, DPTA6%, MOLIBDATO DE SODIO puede reemplazar a alguno de los anteriormente descritos, de acuerdo a la disponibilidad en la región y/o país.

El tema se vuelve interesante con la disponibilidad de hierro ( Fe) para la absorción de las plantas.

Tanto  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  (ferroso) que está mas disponible en medio mas ácido y asimilable por la planta, a medida que sube el pH se forma iones  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  (férrico)

En aguas con pH 7.0 de 15 a 30% de Hierro ya no estará disponible para la absorción de las plantas, valores de pH 7.5 la disponibilidad de hierro es nula para la absorción de la planta.

Y el 90% de las aguas tienen un pH de 6.8 a 8.5 eso significa que debemos bajar el pH a 6.5 del agua.

Es preferible trabajar con Agentes QUELATANTES - **Quelatos de hierro**

Para hacernos una idea sencilla de cómo actúa un quelato de hierro, sería como un cangrejo (el quelato) que con sus pinzas protege la bola (hierro), impidiendo que esta bola se una a otros elementos y se haga insoluble o precipite, eso es un quelato.

1er. tipo de Quelato de hierro EDTA garantiza el hierro en los rangos de 4.0 a 6.5, usar el quelato de EDTA asegurate de mantener el pH inferior a 6.5

2do. tipo de Quelato de hierro DTPA garantiza la disponibilidad del hierro en los rangos de 4.5 a 7.0

3er. tipo de Quelato de hierro EDDHA garantiza la disponibilidad del hierro en los rangos de 3.0 a 11.0 que son gránulos de color rojizo.

Los fertilizantes anteriormente descritos, son los más usados en territorio boliviano, los cuales cubren en un 98% para todos los cultivos en hidroponía y fertirriego en caso de no encontrar los fertilizantes descritos en tu país puedes reemplazar por uno o varios del siguiente cuadro. Probablemente exista muchos más o también menos de los que enlisto aquí y en el anterior cuadro.

FERTILIZANTES	FÓRMULA	PORCENTAJE DE RIQUEZA	RIQUEZA DEL ELEMENTO
Fosfato di amónico ( cristalizado y soluble)		18.0% (N-NH4); 53% P2O5	18.0 gr (N-NH4); 23.0 gr P
Fosfato Amónico Nítrico (posee sedimentos)	(PO4)NH4NO3	30%Nt y 6% P2O5	15.0gr. (N-NH4); 15.0 gr (N-NO3); 2.6 gr P
Molibdato de sodio	Na2MoO4	39%Mo	39.0gr Mo
Borax	Na2B4O7. 10H2O	38.04 % B2O3	12.6 gr B
Triple Fosfato de Calcio	Ca(H2PO4)2*H2O	46% P2O5 ; 20% CaO	20.2gr P; 14.3gr. Ca
Cloruro de Potasio	ClK	47,67% K ; 41,12% Cl ; 8,75% (SO4)-2	47.7 gr K ; 41.1 gr Cl; 2.0gr.S

FERTILIZANTES	FÓRMULA	PORCENTAJE DE RIQUEZA	RIQUEZA DEL ELEMENTO
Nitrato de Potasio	KNO3	13.0% (N-NO3), 45% K2O	13.0 gr (N-NO3) y 37.35 gr K
Nitrato de Calcio	(NO3)2Ca	14.4% (N-NO3), 1.1%(N-NH4+) 26% CaO	14.4 gr (N-NO3); 1.1 gr (N-NH4) 18.46 gr Ca.
Fosfato Monoamónico	NH4H2PO4	12.0% (N-NH4), 61% P2O5	12.0 gr(N-NH4); 26.84gr P
Sulfato de Magnesio	MgSO4	16% MgO, 13% S	13.0 gr S; 9.6 gr Mg
Nitro-S	S*NH4NO3	32%Nt ; 11%S; 2% K2O ; 1% P2O5	17.0gr(N-NH4) ;13.0 gr (N-NO3) y 11.0 gr S; 0.44 gr P ; 1.6 gr K
Sulfato de Potasio	K2SO4	50%K2O y 18%S	41.50 gr K; 18.0 gr S
Ácido Bórico	H3BO3	52% B2O5	17,18 gr B
Sulfato de Manganeseo	MnSO4	33% Mn ; 28% SO <sub>4</sub>	33.0 gr Mn; 9,24gr S
Sulfato de Zinc	ZnSO4	29% ZnO ; 36% S	23.22gr Zn; 36.0gr S
Sulfato de Cobre	CuSO4	25%Cu ; 13% S	25.0grCu ; 13.0gr S
Quelato de hierro (EDDHA-6%Fe)	EDDHA	6%Fe	6.0 gr Fe
Molibdato de amonio	[(NH4)6Mo7O24	54%Mo	54.0gr Mo

## RIQUEZA Y PUREZA DE LOS FERTILIZANTES HIDROSOLUBLES

Para una correcta nutrición de los cultivos, al momento de hacer FORMULACION DE NUTRIENTES tomar en cuenta la RIQUEZA Y PUREZA de sales minerales o fertilizantes.

### 1. RIQUEZA DE LOS FERTILIZANTES

La riqueza de los fertilizantes indica la cantidad de nutrientes que aporta el fertilizante, los cuales por NORMA o LEY llevan porcentajes de riqueza en el mismo valor, pueden existir variaciones mínimas (+/-1) entre los diferentes fabricantes.

Fosfato monoamónico (MAP) tiene la siguiente riqueza.

Cada 100 gr o 100 kg de MAP tiene

**N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 12.0%**

**Nitrógeno en forma de Amonio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) 12.0% o 12.0 gr de (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 61.0%**

**Fosforó disponible (P) 26.84% o 26.84 gr de P.**

Interpretando: cada 100 gr de fertilizante Fosfato Monoamónico (MAP) aporta 12.0 gr de Nitrógeno Amoniacal y 26.84 gr de fósforo (P), lo restante es materia inerte.

El P no está puro, está en forma de penta óxido de difosforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

Para encontrar Fosforo elemental, 61.0% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> multiplicar por el Factor de Conversión (FC) 0.44 y así se obtenemos 26.84% de P

En los siguientes páginas se detallan las riquezas y purezas de los fertilizantes hidrosolubles más usados en hidroponía.

## 2.FACTORES DE CONVERSION DE RIQUEZAS DE FERTILIZANTES

¿Cómo convertir de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a P? , ¿De K<sub>2</sub>O a K?, ¿De MgO a Mg? o ¿Vice-versa de Mg a MgO?

Factores de conversión del compuesto a forma elemental y viceversa.

VALOR	NUTRIMENTO		Resultado	VALOR	NUTRIMENTO		Resultado
1	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.29	1	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P	0.44
1	P	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.38	1	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	P	0.72
1	K	K <sub>2</sub> O	1.20	1	K <sub>2</sub> O	K	0.83
1	Ca	CaO	1.40	1	CaO	Ca	0.71
1	Mg	MgO	1.66	1	MgO	Mg	0.60
1	S	SO <sub>4</sub>	3.00	1	SO <sub>4</sub>	S	0.33
1	B	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.22	1	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B	0.33
1	Cu	CuO	1.25	1	CuO	Cu	0.80
1	Fe	Fe <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.43	1	Fe <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe	0.70
1	Mn	MnO	1.29	1	MnO	Mn	0.77
1	Mo	MoO	1.50	1	MoO	Mo	0.67
1	Zn	ZnO	1.24	1	ZnO	Zn	0.80

Fuente: Huanca C. (2016),Bolivia.

### 3.Impureza de los fertilizantes

Todos los fertilizantes de venta libre en el mercado, no son al 100 por 100 puras, contienen materias inertes, tales como partículas de arcilla, arena y limo, los cuales no aportan ningún nutriente.

Es importante que en los sacos de fertilizantes aparezca el porcentaje de pureza dado con un análisis garantizado. Algunos de los porcentajes de pureza de los fertilizantes más comunes describo en la siguiente cuadro. Consulte a la tienda o a la empresa que te vendió, muchas veces ni ellos mismos no tienen la información, consulte en internet de acuerdo a la etiqueta que lleva la bolsa o en mejor de los casos lleve a un Laboratorio para un Análisis Químico del producto.

Aunque la mayoría de los fabricantes de fertilizantes indican que la pureza de sus productos es de 95 a 99% puro, pues para garantizar la nutrición de las plantas prefiero hacerlo al 95% de pureza.

Cada vez que utilices un fertilizante nuevo, verifique el porcentaje de

riqueza y pureza, puede existir pequeñas variaciones entre diferentes fabricantes.

FERTILIZANTE	% PUREZA
Nitrato de Calcio	95.0
Nitrato de Potasio	95.0
Fosfato Monoamónico	95.0
Sulfato de Magnesio	95.0
Sulfato de Potasio	95.0
Fosfato Mono Potásico	98.0
Sulfato de amonio	94.0
Ácido Bórico	99.6
Sulfato de Manganeso	95.0
Sulfato de Zinc	95.0
Sulfato de Cobre	95.0
Molibdato de Amonio	99.0
Molibdato de Sodio	99.6
Quelato de Hierro EDDHA-6%Fe	98.0

Fuente: Huanca, C. (2016) y elaboración propia.

## MEZCLA Y COMPATIBILIDAD DE SALES MINERALES

En Hidroponía y en fertirriego se usan varios tipos de fertilizantes, fuente de nutrientes para preparar la solución nutritiva.

Los fertilizantes o sales minerales se clasifican en **3 grandes grupos**.

Al momento de preparar las soluciones concentradas, no puedes mezclar todos en el mismo recipiente, ocurrirá precipitaciones.

Por eso es tan importante que prepares y los guardes las soluciones concentradas o soluciones madre en 3 recipientes o bidones completamente independientes.

Los fertilizantes que llevan **anión FOSFATO** no mezclar con los fertilizantes de **anión SULFATO** ni **NITRATO DE CALCIO** con ninguna de las anteriores.

En pocas palabras, aun simplificando más  
Todos los fertilizantes que llevan NITRATO O AMONIO pueden mezclarse en el mismo recipiente a excepción de NITRATO DE CALCIO,

OJO!!! Dije nitrato de calcio que no los puedes mezclar, sino me dejé entender siga el orden enlistado de <<< SOLUCIONES CONCENTRADA A, y C>>>

Fertilizantes que llevan anión **FOSFATO**

Fosfato monoamónico

Fosfato di amónico

Fosfato mono potásico

Fertilizantes que llevan anión **SULFATO**

Sulfato de potasio

Sulfato de magnesio

Sulfato de manganeso

Sulfato de cobre

Sulfato de zinc  
Etc.

### **¿Qué ocurre al mezclar el nitrato de calcio con fertilizantes que llevan anión fosfato o con fertilizantes que llevan anión sulfato?**

El nitrato de calcio, reacciona con fósforo, formando **fosfato de calcio**, el calcio reacciona con azufre, formando **sulfato de calcio** (yeso), al igual el fosforo reacción con hierro, formando fosfato de hierro, fosfato de cobre, fosfato de manganeso, etc.

Al hacer una mezcla incorrecta de los anteriores fertilizantes en la solución madre ocurren precipitaciones dando como resultado deficiencias de nutrientes en el cultivo al no estar disponible en la solución nutritiva y así ocurrirá también taponamiento de goteros en sistemas de riego por goteo.

por eso es tan importante al momento de preparar la solución concentrada, separar en 3 grandes grupos.

*Solución concentrada A, solución concentrada B y solución concentrada C*

Todos los fertilizantes descritos en la siguiente lista se pueden mezclar en la misma solución concentrada o solución madre, ahora no todos los sales minerales necesariamente tienes que usar, dependerá mucho de la disponibilidad en tu zona o país, requerimiento del tipo de cultivo y estado fenológico del cultivo y son formuladas en **base al análisis químico del agua.**

#### SOLUCION CONCENTRADA "A"

Nitros-S/ Nitrato de amonio, Fosfato amónico nítrico.

Nitrato de potasio.

Fosfato monoamónico (MAP).

Fosfato monopotásico

Fosfato di amónico (DAP)

Nitrato de magnesio.

#### SOLUCION CONCENTRADA "B"

Sulfato de magnesio.

Sulfato de potasio.

Ácido bórico/Borax.

Sulfato de manganeso.

Sulfato de cobre.

Sulfato de zinc.

Molibdato de smonio/Molibdato de sodio.

Quelato de hierro: EDDHA-6%Fe/DPTA-10%Fe/EDTA-10%Fe

SOLUCION CONCENTRADA "C"

Nitrato de calcio

SOLUCIÓN CONCENTRADA "D" (*Si es que usaríamos*)

Cloruro de potasio

## GUÍA COMPLETA DE PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN NUTRITIVA

*(En esta guía de formulación sólo se mencionan algunos fertilizantes, sin embargo los tipos de fertilizantes a usar dependerá mucho de acuerdo a tu formulación)*

Guía completa para la preparación de soluciones concentradas o soluciones madre.

MODO DE PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN CONCENTRADA A, B Y C.



Una vez que tengamos el juego de sales después de haber pesado o adquiridos en sachet seguir los siguientes pasos.

### SOLUCIÓN CONCENTRADA A

Modo de preparación de solución concentrada A en 5.0 Litros  
Contiene

Nitrato de potasio (A1)

Fosfato monoamónico (A2)

Nitro-S (A3)



En un recipiente (balde) eche 3.0 litros de agua y vacíe el contenido del sobre A1 (Nitrato de potasio) y agite hasta quede disuelto completamente.

En una jarra con un volumen de 1.0 litros de agua vacíe el contenido del sobre A2 (Fosfato monoamónico) y agite cuidadosamente hasta que se disuelva completamente.



En una tercera jarra con en 0.5 Litros de agua disuelva el contenido del sobre A3 (Nitro-S) y agite cuidadosamente hasta quede disuelto completamente.

Una vez que los tres fertilizantes A1, A2 y A3, se encuentran disueltos, júntelos en un recipiente, vuelva a agitar hasta que haya una mezcla homogénea, y agregar agua hasta completar un volumen final de cinco litros (5L).



Vacíe la solución concentrada A en un recipiente con tapa para luego almacenar en un lugar fresco y oscuro.

## SOLUCIÓN CONCENTRADA B

Preparación de solución concentrada B en 5.0 Litros

Contiene

Sulfato de magnesio (B1)

Sulfato de potasio (B2)

Quelato de hierro (B3)

Micronutrientes (B4)



En un recipiente eche 1.5 litros de agua vacíe el contenido del sobre B1 (Sulfato de magnesio) y agite vigorosamente hasta quede disuelto

En el segundo recipiente eche 2.5 litros de agua y vierta el contenido del sobre B3 (Sulfato de potasio) y agite vigorosamente hasta quede completamente disuelto.



En una jarra con 0.5 Litros de agua vacíe el contenido del sobre B3 (Quelato de hierro) y agite cuidadosamente hasta quede completamente disuelto.

En otra jarra vacíe el contenido del sachet o sobre B4 (micronutrientes líquido).

Una vez que se haya disuelto completamente juntar todos



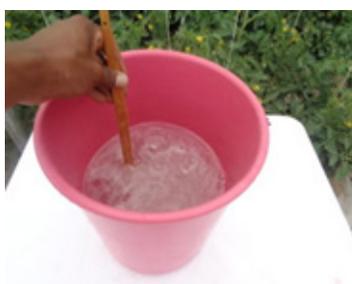


los fertilizantes (B1, B2, B3 y B4) en un recipiente de 5.0 Litros, y si es que falta complete a 5.0 litros de volumen final.

Vacie en un recipiente o en un bidón con tapa para luego almacenar en un lugar fresco y oscuro



### SOLUCIÓN CONCENTRADA C



Modo de preparación de solución concentrada C en 5.0 Litros.

Contiene Nitrato de calcio (C1)

En un recipiente agarre 3.0 litros de agua y eche el contenido C1 y agite cuidadosamente hasta que quede completamente disuelto complete a un volumen de 5.0 L (cinco litros)

Vacie el contenido en un recipiente o en un bidón con tapa para luego almacenar en un lugar fresco y oscuro.



## MODO DE USAR LA SOLUCIONES CONCENTRADAS PARA PREPARAR LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN HIDROPONÍA

Antes de usar agite las soluciones concentradas A, B y C, cada uno están almacenadas en recipientes separadas.

Las tres soluciones concentradas son para preparar 1 000 litros ( Un mil) de Solución Nutritiva. (También se puede preparar para mayores volúmenes)

¿Cuántos litros o mL vamos a usar para preparar 500.0 L de solución nutritiva? ¿Para 250 L o 100 L?

Es proporcional como indica a continuación.

SOLUCION CONCENTRADA	Para 1000 Litros	Para 500 litros	Para 100 litros	Para 10 litros
A	5L	2.5L	0.5L	50mL
B	5L	2.5L	0.5L	50mL
C	5L	2.5L	0.5L	50mL

Concentraciones optimas de nutrientes para preparar Solución Nutritiva en cultivo de lechuga. Las siguientes concentraciones son las que uso y funcionan perfectamente en todo territorio boliviano, si me funciona bien muy probable que a tí tambien te funcione, las cuales obtuvimos de una serie de pruebas y ensayos en base a la Universidad Agraria La Molina-Perú.

(Nitrato)	N-N03=- 216.0ppm
(Amonio)*	N-NH4+= 24.0ppm
(Fósforo)	P=40.0 ppm
(Potasio)	K= 240.0 ppm
(Calcio)	Ca= 180.0 ppm
(Magnesio)	Mg= 45.0 ppm
(Azufre)	S=70.0ppm
(Hierro)	Fe= 1.0 ppm
(Boro)	B= 0.5 ppm
(Manganeso)	Mn=0.5 ppm
(Zinc)	Zn= 0.15 ppm
(Cobre)	Cu= 0.15 ppm
(Molibdeno)	Mo=0.05 ppm

(\*) Los niveles de Amonio (N-NH4+) en hidroponía recomendable son de

6-7%. Sin embargo, por la existencia de fertilizantes con niveles de amonio elevados en Bolivia. Yo lo uso máximo un 15% de Amonio, para que no se me disparen las otras concentraciones de minerales. Los niveles de amonio no deben superar el 20%. Superior a este porcentaje llegaría a causar fitotoxicidad en el cultivo.

Las cantidades detalladas a continuación puedes usar para preparar la Solución Nutritiva. Las concentraciones usadas son la misma del anterior excepto Ca=160ppm (No se tiene conocimiento del análisis químico del agua). UNA SOLUCION NUTRITIVA GENÉRICA.

SALES MINERALES PARA PREPARAR 1000 L DE SOLUCION NUTRITIVA PARA LECHUGA Y OTRAS HORTALIZAS DE HOJA		
SAL MINERAL	FORMULA	GRAMOS(gr)
NITRATO DE POTASIO	NO <sub>3</sub> K	587.70
FOSFATO MONOAMONICO	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	156.40
NITRO-S	SNH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	53.50
SULFATO DE MAGNESIO	SO <sub>4</sub> Mg	500.70
SULFATO DE POTASIO	SO <sub>4</sub> K	78.63
QUELATO DE HIERRO	EDDHA6%Fe	17.00
SULFATO DE COBRE	SO <sub>4</sub> Cu	0.632
ACIDO BORICO	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2.932
SULFATO DE MANGANESO	SO <sub>4</sub> Mn	1.595
SULFATO DE ZINC	SO <sub>4</sub> Zn	0.68
MOLIBDATO DE AMONIO	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub>	0.094
NITRATO DE CALCIO	(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Ca	912.30

## **CAPITULO TRES**

# **HIDROPONÍA**

# HIDROPONÍA

## ¿Qué es Hidroponía?

Existen muchas definiciones y cada autor lo hace a su manera, aquí definiremos con nuestras propias palabras

La hidroponía es una Técnica de cultivar plantas sólo en agua, el suelo es reemplazado por otro material llamado “sustrato”. Los nutrientes que necesita la planta para crecer, florecer y fructificar se da directamente en el agua, en forma de sales minerales o fertilizantes, las cuales son formuladas y balanceadas en base al análisis químico del agua y de acuerdo al requerimiento de cada cultivo y estado fenológico de la planta.

Prácticamente hidroponica es sólo cultivo en agua, el sustrato sólo sirve como un susten o como un soporte para las plantas.

Las técnicas de cultivo en Hidroponía son:

## SISTEMAS RECIRCULANTES Y RAÍZ FLOTANTE

Un sistema apropiado para la producción de hortalizas de hoja (lechuga, rúcula, apio, acelga, cilantro, etc.)

El Sistema NFT y Sistema MIX son las más usadas para producciones comerciales, mientras que el sistema de RAIZ FLOTANTES es más adecuado para hacer pruebas o ensayos de investigación o producciones a una escala mucho más pequeña.



SISTEMA NFT (Técnica de cultivo con Flujo Laminar de Nutriente)



RAIZ FLOTANTE



SISTEMA MIX (Una combinación entre Sistema NFT y Raíz Flotante)

## CULTIVOS EN SUSTRATOS

Sistema adecuado para la producción de hortalizas de fruto:tomate, pimiento, berenjena, pepinillo, fresa, etc; sustrato inerte u orgánico o la mezcla de ambos en diferentes proporciones con riego por goteo.



## HIDROPONÍA EN EL MUNDO

Del total de producción de hortalizas en Sistema Hidropónico.

El **90%** ocupa el sistema de riego por goteo en sustrato, sea en sustrato inerte u orgánico, el sustrato más utilizado es fibra de coco, seguido por lana de roca, arenilla con gravilla y cascarilla de arroz y otros sustratos en menor proporción como perlita, vermiculita, arcilla expandida.



Cultivo de tomate pimiento en sustrato de de arenilla y gravilla ( 50% arenilla y 50% gravilla)



Cultivo de tomate en sustrato de Lana de Roca

Cultivo de tomate en sustrato de Fibra de Coco.



Producción de espinaca en sustrato de arenilla con riego por goteo “fertirriego”



Producción de tomate en 30% cascarilla de arroz y 70% de arenilla, y cultivo de frutilla en 70% cascarilla de arroz y 30% de arenilla.



Del total de producción de hortalizas en Sistema Hidropónico  
Sólo el **7%** de los productores cultivan en sistema recirculante  
El sistema recirculante es más apto para hortalizas de hoja (Lechuga, rúcula, berro, albahaca, acelga, apio, cilandro, achicoria, etc y entre otras hortalizas de hoja).

El sistema recirculante puede ser:

Sistema NFT (*Nutrient Film Techniqué*), traducido al español **Técnica de Cultivo con Flujo Laminar de Nutriente**).

Y **sistema MIX**, sistema más usado en Bolivia, Perú y algunos productores

Un **sistema MIX** una mezcla entre **sistema NFT** y **Raíz Flotante**.



Del total de productores en Hidroponía, sólo el **3%** cultiva en sistema de **Raíz Flotante**. Un sistema muy económico, fácil de iniciar no necesita mucha inversión.



## ¿CUALES SON LAS PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE UN SISTEMA NFT Y UN SISTEMA MIX?

### SISTEMA MIX más usado en Bolivia.

SISTEMA NFT	SISTEMA MIX
<p>5.0 a 8.0% pendiente del tubo de cultivo</p> <p>Alta frecuencia de riego (10.0 minutos riego/10.0 minutos apagado o 10.0 minutos riego/20.0 minutos apagado).</p> <p>Mayor oxigenación de la Solución Nutritiva.</p>	<p>0% pendiente del tubo de cultivo</p> <p>Frecuencia de riego cada hora (15.0 minutos riego/45.0 minutos apagado).</p> <p>No sobre pasar de 12.0 m de longitud y en climas cálidas de 8.0m (ideal 8.0 m).</p> <p>Tratar que se renueve toda la Solución Nutritiva del tubo de cultivo en cada frecuencia de riego</p>



## ¿VENTAJAS DE HIDROPONIA?

Incrementa la producción de 20 a 70%  
Ahorra hasta un 50% en costos de los fertilizantes  
Reducción en aplicación de fungicidas e insecticidas en 0% hasta 15%  
Ahorro sustancial del agua de 80% a 92%  
Evitamos residuos y protegemos el medio ambiente.

Se puede cultivar todo el año (dentro invernadero), independiente de factores climáticos.

En Hidroponía una planta de lechuga consume agua de 75.0 a 100.0 mL/día equivalente a 4.0 a 5.0 litros en todo su ciclo en comparación al suelo se requiere regar de 50.0 a 60.0 litros de agua para producir la misma cabeza de lechuga.

En agricultura convencional se necesita regar de 100.0 a 300.0 litros de agua para producir 1.0 kilogramo (kg.) de tomate mientras que en HIDROPONIA el mismo kg de tomate es producido con 15.0 a 20.0 litros de agua.

Los holandeses ya llegaron hasta 4.0 L de agua por kg de tomate.

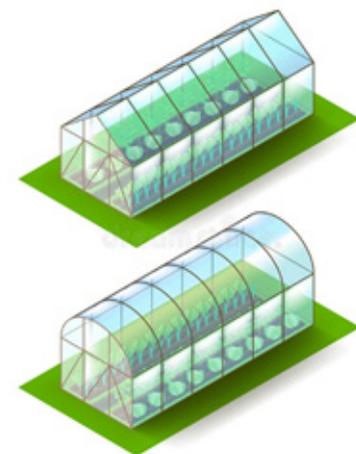
Los rendimiento en tomate es de 18.0 a 40.0 kg/ m<sup>2</sup> en sistema Hidropónico

En comparación en agricultura convencional va de 2.5 a 4.0 Kg/m<sup>2</sup>.

Hidroponía, agricultura de las ciudades. No necesita suelo, produce hasta en espacios que no son aptos para cultivar.

La producción es bajo invernadero. Producción todo el año, no necesita rotación del cultivo. Uno tiene el control de todos los factores climáticos.

Cuadro comparativo de rendimiento en producción suelo y en Hidroponía



## SUSTRATOS



Un sustrato es todo material diferente al suelo, tiene que cumplir sólo 3 roles principales.

- 1ro. Capacidad de retener agua y ceder a la planta cuando la necesita
- 2do. Capacidad de almacenar oxígeno y ceder a la planta cuando la necesite
- 3ro. El primer y segundo rol se cumpla en todo el ciclo del cultivo.

Claro de hecho tiene que ser un sustrato del lugar, con bajo costo de adquisición, que no libere sustancias tóxicas, etc.

### CLASIFICACIÓN DE LOS SUSTRATOS.

CLASIFICACIÓN	EJEMPLO	
I. Materiales Inorgánicos (minerales)	Arena, roca volcánicas, perlita, arcilla expandida, lana de roca.	
II. Materiales Orgánicos	II.1 De origen natural	Turbas
	II.2 De origen síntesis	Espuma poliuretano, poli estireno expandido
	III.3 Residuos y subproductos de diferentes actividades de producción y consumo	Cascarilla de arroz Fibra de Coco Aserrín

## TIPOS DE SUSTRATOS



ARENILLA DE RIO

Posee capacidad de retención de agua hasta 56% (Diámetro recomendado 0.5 a 2.0mm)



PERLITA

Capacidad de retención de humedad hasta 63%, con una excelente capacidad de aireación



ARCILLA EXPANDIDA

Buena capacidad de aireación  
pH neutro, ideal para orquídeas.



LANA DE ROCA

Roca especial fundida a 1600 °C y enfriado a 200°C. Capacidad de retención de humedad hasta un 78%



FIBRA DE COCO

Químicamente muy estable y excelente estabilidad del pH 6.3 a 6.5  
Capacidad de retención de humedad hasta un 57%.



CASCARILLA DE ARROZ

Baja retención de humedad, hacer fermentar 21.0 días antes de usar y su capacidad de retención de humedad aumenta hasta un 40%.



ASERRÍN

Ideal para climas secos y templados  
Capacidad de retención de humedad hasta un 54% (Aserrín libre resina y taninos, quitarlo antes de usar como sustrato)

## Otros materiales usados como sustrato en hidroponía



Espuma fenólica



Esponja Poliuretano

Un buen sustrato debe tener una mezcla de partículas entre 0.2mm a 2.5mm La selección del material se hace tamizando utilizando tamices o mallas de diferentes aperturas.

### MEZCLA DE SUSTRATOS

La mezcla de 2 a más sustratos mejora las características de oxigenación, y retención de agua).

Recomendaciones de mezcla de sustratos para algunos cultivos

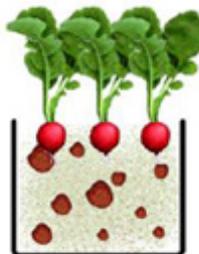
### N° PROPORCIONES MEZCLA DE SUSTRATOS

- 1 50% Arenilla + 50 % Gravilla
- 2 70% Arenilla + 30% Cascarilla de Arroz.
- 4 30% Arenilla + 70% Cascarilla de Arroz.
- 5 50% Arenilla + 50% Cascarilla de Arroz
- 6 65% Arena gruesa de rio + 35% Cáscara de Arroz.
- 7 70% Tierra vegetal + 30% Arena Fina
- 8 50% Tierra vegetal + 50% arena fina
- 9 65% Grava + 35% Musgo

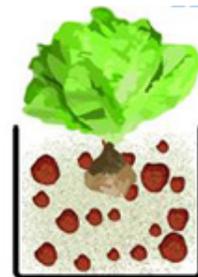
Tomado de Rodríguez, A ( 2016), Hidalgo, C (2014) y Elaboración propia



Plantas de porte alto como ají, tomate, berenjena, pimiento, etc.  
Arenilla fina 50%  
Grava 50%



Raíces como zanahoria, rábanos betarraga, nabo, etc.  
Arenilla fina 80%  
Grava 20%



Plantas de porte mediano o pequeño, como lechuga, acelga, cilantro, perejil, etc.  
Arenilla fina 60%  
Grava 40%

## CULTIVOS EN SUSTRATO

Lo sustratos con diámetro menor a 0.5mm son aptos para producción de almácigos.



Almácigo de lechuga en Sustrato de 100% arenilla.



Almácigo de lechuga en 50% tierra vegetal +50% arena fina



Almácigo de tomate en 50.0% arena fina +50.0 % tierra vegetal cernida y tamizada.



Sustratos con diámetro de 0.5 a 2.5mm aptos para siembras y trasplantes definitivos.



Producción de tomate en 50% arenilla + 50% gravilla



Producción de tomate en 50% arenilla + 50% gravilla

## MANEJO DE SUSTRATOS INERTES (Arenilla y/o gravilla)

Los sustratos de arenilla y/o gravilla antes de ser usados deben seguir los siguientes pasos antes de ser utilizados como sustrato.



Sustrato nuevo (recién comprado)



Sustrato ya usado (Etapa final del cultivo, sustrato inerte)

Antes de usar el sustrato para el nuevo trasplante lavar de 6.0 a 8.0 veces con agua y luego desinfectar.

Al finalizar el ciclo del cultivo en los sustratos se genera acumulación de sales minerales como Sodio (Na), bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{=}$ ), sulfatos ( $\text{SO}_4^{=}$ ) y algunos nutrimentos que la planta no ha absorbido.

Todos sustratos después de haber sido usado tiene que ser desinfectado con Lavandina o Hipoclorito de Sodio al 1.0% (1.0 L lavandina por cada 100 Litros de agua).

## MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DE SUSTRATOS

Existen 3 tipos de desinfección de sustratos para cultivos Hidropónicos

## 1. SOLARIZACIÓN

Proceso de desinfección dura de 30 a 40 días,

La superficie o el sustrato tiene q ser cubierto en su totalidad por un plástico transparente, previamente el sustrato tiene q estar húmedo y el invernadero debe ser completamente cerrado.

Por el exceso de calor la superficie bajo plástico llega a adquirir temperatura de 50 a 60°C llegan a morir todos los microorganismos presentes en el medio.



## 2. DESINFECCIÓN CON HIPOCLO- RITO DE SODIO O LAVANDINA

Apto para arenilla y para cascarilla de arroz.

Remojar durante 24 horas en solución de lavandina (con agua 1.0 L Lavandina/ 100.0 Litros de agua).



## 3. DESINFECCIÓN EN VAPOR DE AGUA

Proceso rápido que el anterior método, apto para desinfectar sustratos orgánicos e inorgánicos.

En un turril o un barril de 200.0 L, se echa agua 30.0-40.0L, el agua al hervir el vapor mata a todo los microorganismos presentes en el sustrato. Una vez que salga el vapor caliente a la superficie dejar de 30 a 40 minutos. El agua y el sustrato tienen que estar en contacto. Antes de colocar el sustrato a desinfectar debe ser húmedo, caso contrario el vapor será

absorbido por el sustrato seco.

## PROCESO DE MANEJO DEL SUSTRATOS ORGÁNICOS

Cascarilla de arroz, aserrín, etc.



Cascarilla de arroz



Aserrín de madera

El sustrato más común usado es la cascarilla de arroz y también aserrín (Use aserrín que no libere resina y/o taninos).

La cascarilla de arroz, por su baja capacidad de retención de humedad debe ser fermentada antes de ser usado durante 3 semanas.

Luego de haber realizado la fermentación, realizar desinfección con Hipoclorito de Sodio o lavandina al 1% (1Litro de Lavandina por cada 100 Litros de agua o 10mL Lavandina/ 1L agua) durante 24 horas remojar y enjuagar hasta que pierda el olor a lavandina y recién utilizar como sustrato.

También puede ser desinfectado en vapor de agua despues del proceso de fermentación.



Cascarilla de arroz después de haber sido fermentado 21 días y desinfectado en vapor de agua (ver métodos de desinfección).

# PROCESO DE USO DEL SUSTRATO PARA CULTIVO DE TOMATE, PIMIENTO, BERENJENA EPINILLO,ETC EN HIDROPONÍA



Lavado



Tamizado



Embolsado en mangas de 100cmx30cm de 80 micrones



Embolsado en mangas de 100cmx30cm de 80 micrones



Trasplante definitivo de plantines de tomate a mangas de sustrato de 30.0 litros (Volumen ideal del sustrato 15.0-24.0 Litros/planta).

El sustrato de cascarilla de arroz sigue el mismo procedimiento, el sustrato de arenilla posee mas ventajas frente a la cascarilla de arroz.



Proceso de mezcla de sustrato de arenilla y cascarilla de arroz para embolsado de mangas para cultivo tomate



Frutilla: 30% Arenilla + 70% Cascarilla de arroz



Tomate: 70% Arenilla + 30% Cascarilla de arroz

## VOLUMEN Y DIMENSIONES DE LOS CONTENEDORES DE SUSTRATOS

Los almácigos requieren una profundidad mínima 5.0 cm para el buen desarrollo radicular.

El recipiente q los contiene debe tener orificios en la base para que drene el exceso de agua después del riego.

En la etapa definitiva la altura del sustrato puede variar de 7.0 cm a 10.0 cm para hortalizas de hoja (acelga, apio, espinaca, albahaca, etc.) y algunas hortalizas de fruto (tomate, pimiento, pepinillo, etc.).

Para raíces y/o tubérculos requiere una altura mínima de sustrato de 20.0cm



Si se trata de mangas de sustrato para tomate, pimiento, etc. el volumen ideal del sustrato es de 15 a 24 Litros para cada planta,  
De mangas de sustrato, dimensiones ideales son de 30cm ancho x100cm de largo y por la practicidad en el manipuleo.



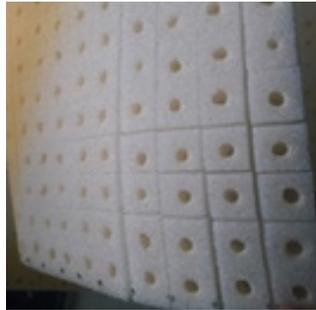
## PRODUCCIÓN DE PLANTINES Y ALMÁCIGOS

### ALMÁCIGO EN SUSTRATO

Detalle varios métodos del proceso de producción de almácigos y plantines para hidroponía hasta la etapa de trasplante.

### HORTALIZAS DE HOJA: LECHUGA

En espuma poliuretano



Con la ayuda de una regla y un estilete cortar el 70% del espesor de la esponja poliuretano en cuadros de 2.5cmx2.5cmx2.0cm de espesor de dimensiones. Y con la ayuda de un cautín o un clavo caliente perforar los huecos para la siembra de la semilla.( perfore sólo el 70% de profundidad)

Una vez preparada la placa de esponja, remojar con agua, no sobresaturar con agua la esponja.

Sembrar 1 semilla por cada alvéolo o cada celda.

Guardar en un lugar oscuro de 3 a 4 días. Verificar que la esponja esté siempre húmeda, no se debe secarse completamente.



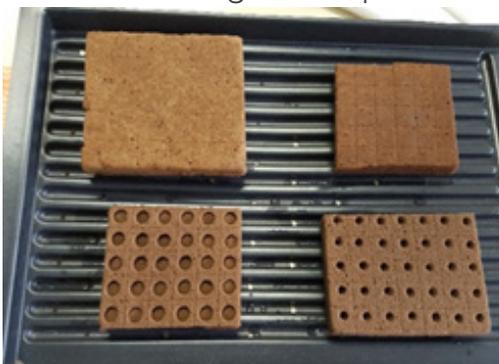
Las pequeñas plántulas germinan de 3 a 4 días. Una vez que hayan germinado al menos colocar a luz pero bajo malla sombra al 50%. Que no llegue radiación directa. Evite regar agua de arriba, hazlo por un costado.

Las plántulas se desarrollan de 25 a 30 días, el riego tiene q ser frecuente al menos 2 veces al día.

Trasplante a los tubos de cultivo a los 30 días después del almacigo o siembra de semillas.

## ALMÁCIGO EN ESPUMA FENÓLICA

Proceso de almacigo en espuma fenólica





Las semillas de rúcula por baja porcentaje de germinación sembrar 15.0 a 18.0 semillas por cada alvéolo.

Mientras que las semillas de lechuga sólo una semilla por alvéolo en la espuma fenólica.



Trasplante definitivo en canales de cultivo/ crecimiento de rúcula hasta la cosecha

### ALMÁCIGO DE TOMATE EN SUSTRATO

Tipo de sustrato: 50%arenilla + 50% turba vegetal



Usar sustrato 50% arenilla + 50% turba o tierra vegetal previamente ambas cernidas o tamizadas.



Rellenar las celdas de germinación y compactarlas levemente



Con la ayuda de un bolígrafo o un objeto abrir agujeros en medio de las celdas con una profundidad máxima de 1.0cm



Sembrar 1 semilla por alvéolo luego cubrirlas cuidadosamente con el mismo sustrato.



Regar con un atomizador o una regadera con gotas finas, evite e gotas grandes.  
Una vez regada, colocar en un lugar donde la temperatura sea de 20 a 25°C. Regar todos los días.  
Mantener temperaturas nocturnas de 18 a 20 °C.

## GERMINACIÓN

Las semillas germinan de 7 a 10 días manteniendo en condiciones óptimas de temperatura 20-25°C día y 18-20°C noche.

Condiciones: colocar en un ambiente protegido de radiación directa o bajo malla de 35% a 50% de sombra.

Riego: Todos los días, mejor en horarios de la mañana o en la tarde, procure no regar después de puesta del sol, podría favorecer el ataque de hongos.



Plántulas con 7 días después de germinación (o 15 días después de la siembra).



Plántulas con 20 días después de germinación



Trasplante a vasos de 6.0 u 8 onzas  
Permanece 10 a 15 días.



Trasplante definitivo de plantines de tomate a mangas de sustrato, después de 30 a 35 días después del almácigo.

UNA PLANTA DE CALIDAD  
Tamaño de 10.0 a 15.0cm  
Diámetro de tallo al menos 4.0mm  
Hojas libre de clorosis y hongos  
Buen desarrollo radicular



# **CAPITULO CUATRO**

# **INSTALACIONES**

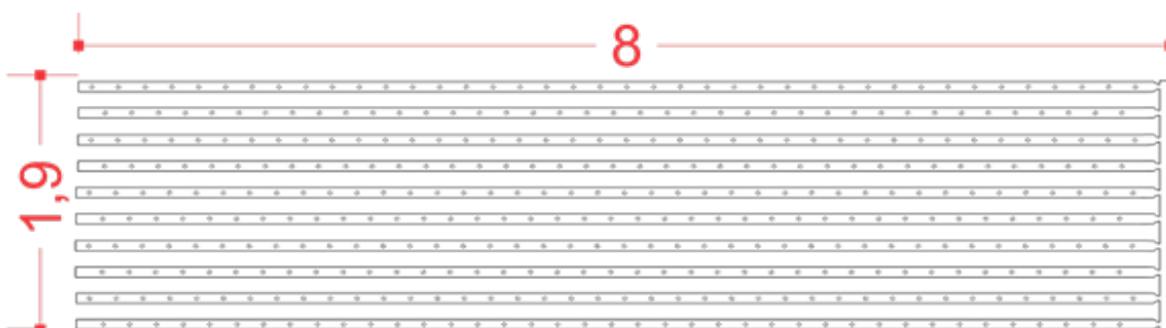
# DIMENSIONAMIENTO TÉCNICO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA RECIRCULANTE SISTEMA MIX

## COMPONENTES DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO SISTEMA RECIRCULANTE

Los componentes principales del sistema hidropónico son lo siguiente.

### BANCADAS DE PRODUCCIÓN

Bancadas de producción es un conjunto de 8 a 10 tubos de cultivo puestas juntas (máximo 10 tubos de cultivo por bancada).



Dimensiones de bancada de producción: anchura 1.9m y largura 8.0m

#### 1.1. TUBOS DE CULTIVO

Los tubos de cultivo son de material de plástico, tubería PVC sanitario/desagüe de 3 pulgadas de diámetro.



#### 1.2. LONGITUD RECOMENDADA DE TUBOS DE CULTIVO

Tubos de cultivos, cuanto más cortó, mucho mejor por las siguientes razones.

- Mayor disponibilidad de Oxígeno Disuelto (OD) ideal para la lechuga 3.0 a 4.0 ppm OD/L de Solución Nutritiva.
- Mayor renovación de Solución Nutritiva en los tubos de cultivo.

Sin embargo, existe una desventaja, cuanto más corto son los tubos de cultivos se requerirá más accesorios en la instalación implicando mayores costos de inversión.

En la siguiente figura, se describe tres diferentes dimensiones de tubos de



Diferentes longitudes de tubos de cultivo.

Tubo de cultivo A tiene una longitud menor o igual a 4m. Ventaja mayor oxigenación de Solución Nutritiva (SN) y mayor disponibilidad de Oxígeno Disuelto (mg OD/L de SN).

El tubo de cultivo de cultivo C longitud mayor o igual a 12m, conforme a lo que va avanzando la SN, el OD disminuye a razón que las plantas van consumiendo a lo largo del recorrido y también la renovación de SN dentro del tubo es más lento. (No recomendable mayores a 12 m en condiciones del valle y zonas tropicales).

El tubo de cultivo B es más ideal y la dimensión más usada en Bolivia (8m), una longitud recomendada para zonas frías, templadas y cálidas de Bolivia.



Tubos de cultivo mayor o igual a 12.0m de longitud

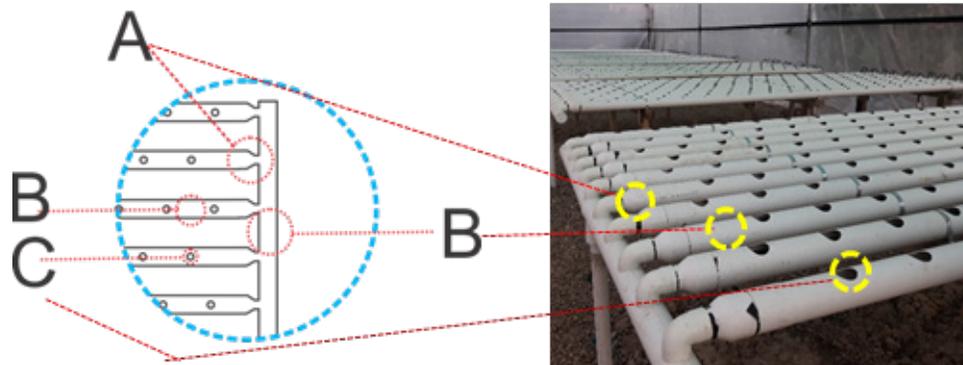


Tubos de cultivo de 8.0 m longitud



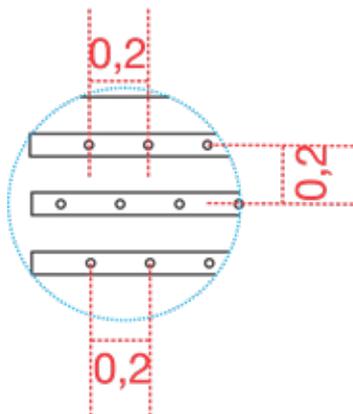
Tubos de cultivo menor o igual a 4.0m de longitud

### 1.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DIMENSIONES DE TUBOS DE CULTIVO.



Tuberías PVC de desagüe/sanitario

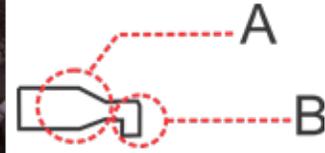
- A. Reductor desagüe de 3 a 2 pulgadas de diámetro.
- B. tubería de desagüe 3 pulgadas de diámetro.
- C. Diámetro de alvéolo de cultivo 50,9 mm.



Las separaciones entre alvéolos de cultivo, la distancia ideal es de 20.0cm de tubo a tubo y en el mismo tubo de cultivo.

Diámetro de los alvéolos 50.8mm

Distribución de las 4 bancadas de producción. Capacidad de lechuga



(Izq. Reductor de PLAMAT y Der. Reductor de PLASMAR-Tigre)

A. Reductor desagüe PVC de 3 a 2 pulgadas de diámetro.

B. Codo desagüe PVC de 2 pulgadas.

Se presentan dos tipos de reductores, yo personalmente prefiero la del lado derecha, por mayor eficacia en instalación y funcionalidad.



## 2. TANQUE O RESERVORIO DE SOLUCIÓN NUTRITIVA.

El tanque que juega un rol muy importante en hidroponía, es el principal que se encarga de almacenar la Solución Nutritiva, la cual normalmente está en subsuelo por las siguientes razones:

- Solución Nutritiva recircula y por lo tanto el tanque debe estar en un punto más bajo para que la SN regrese por gravedad.
- Al estar enterrado en subsuelo el calentamiento de la Solución Nutritiva disminuye. Como mínimo, se mantiene con temperatura baja la Solución Nutritiva. (ideal 15 a 25°C).
- Al regresar la SN se genera turbulencia permitiendo mayor oxigenación y mayor Oxígeno Disuelto.



Instalaciones de diferentes volúmenes de tanque, almacenaje de Solución Nutritiva / Izq. 1200 L, cenro 950L y Der. 2000 L).

## 2.1. ESPECIFICACIONES PARA SELECCIÓN DEL TANQUE DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA (SN).

El volumen del tanque es de acuerdo a la cantidad de plantas o cabezas de lechuga a producir.

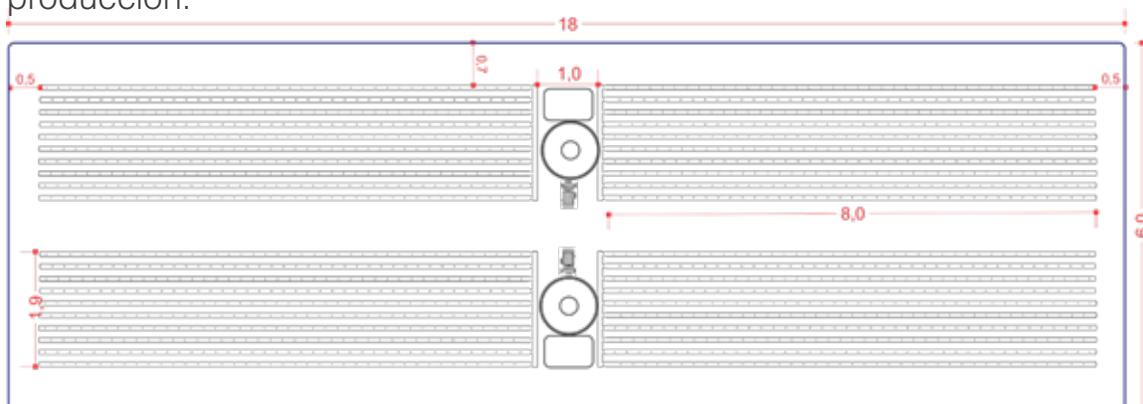
El volumen del reservorio se dimensiona de la siguiente manera.

Por cada planta o cabeza de lechuga a producir se debe tomar en cuenta de 0.5 a 1.0 litro de volumen del tanque para instalar.

N° de cabezas de lechuga	Volumen de agua por cada planta	Volumen del tanque	Volumen a escoger (*)
< a 390 plantas	0.5 a 1.0 Litro/cabeza	< 200 L	-----
390cabezas	0.5 a 1.0 Litro/cabeza	195L a 390 L	300 L
390 a 780 cabezas	0.5 a 1.0 Litro/cabeza	390 L a 780 L	650 L
1560 cabezas	0.5 a 1.0 Litro/cabeza	780 L a 1560 L	900 L
2340 cabezas	0.5 a 1.0 Litro/cabeza	1170 a 2340 L	1500 L

(\*) Según el criterio del autor, sin embargo existen muchas empresas que fabrican tanques de diferentes volúmenes que podrían caer en cualquiera de los rangos descritos.

Tal como se muestra en la siguiente figura en una superficie de 108 m<sup>2</sup> con 4 bancadas, un tanque de 450 L para cada 2 bancadas de producción.



Descripción de instalación de un sistema recirculante, todas las unidades expresadas en metros.

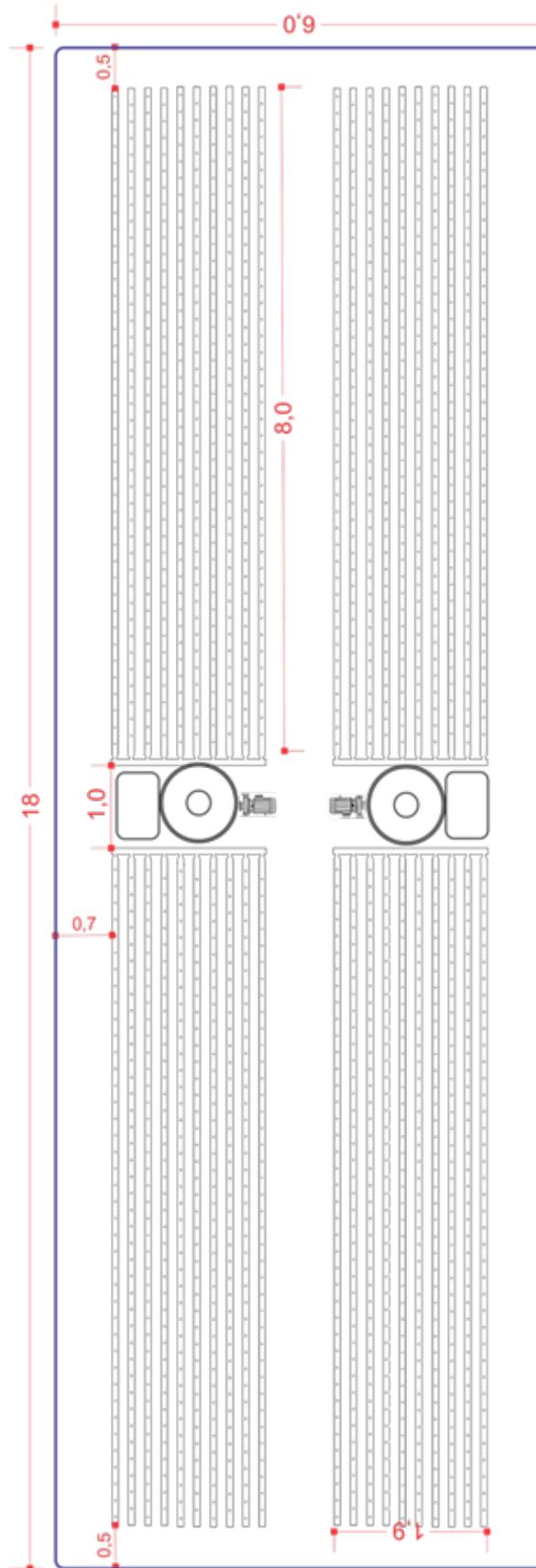
Muy probable que otra persona puede escoger un tanque de 650 L.

¡Perfecto!, sólo el costo de adquisición será un poco más elevado.

La razón por lo que estamos separados en dos tanques es por la facilidad de manejo, limpieza, desinfección, etc.

Existen varios productores que sólo instalan una electrobomba y un solo tanque, lo cual no significa q esté mal instalado.

A veces, puede haber una pequeña inconveniencia en la producción, porque en el mismo sistema existen plantas de diferentes edades y así un poco se complica la desinfección e higiene, lo cual podría implicar la aparición de hongos y otros microorganismos patógenos como *Phytium*.



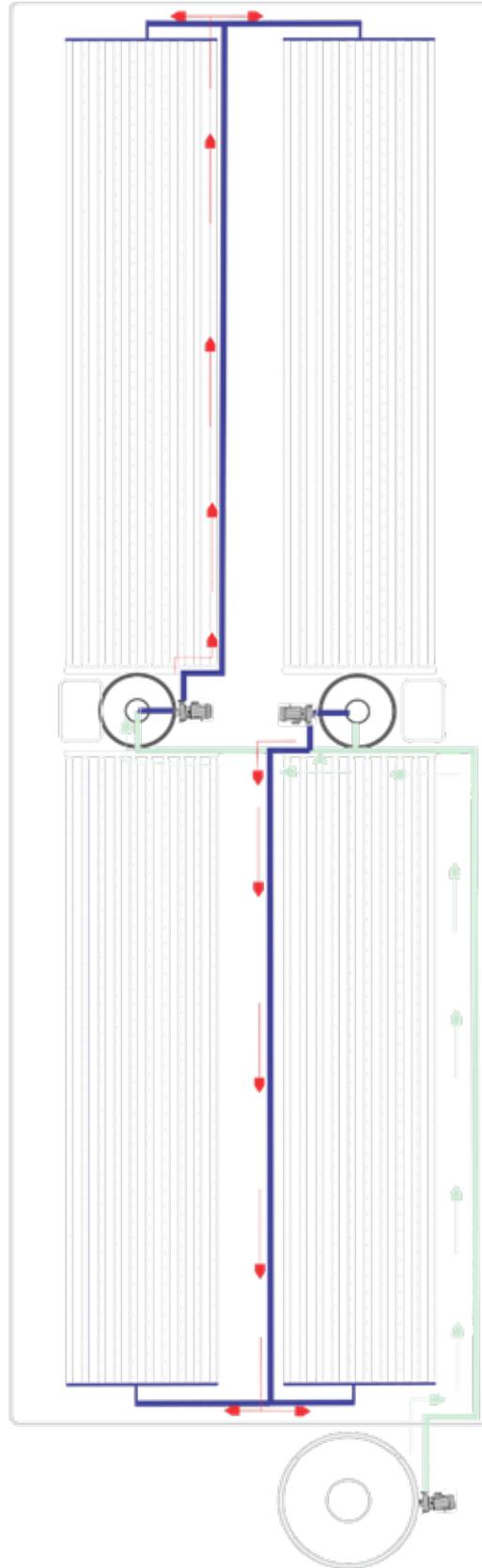
## 2.2. RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA DE RIEGO A BANCADAS

En la siguiente figura detallo la red de distribución de riego de Solución Nutritiva a las bancadas de producción, 2 bancada por cada tanque de Solución Nutritiva N.

Solución Nutritiva es impulsada por una electrobomba de superficie.

La red de distribución principal está formada una matriz de riego, por una cañería de presión PVC de 1 pulgada de diámetro.

A partir de los tanques de almacenaje de Solución Nutritiva, las electrobombas distribuyen la Solución Nutritiva a través de las cañerías de 1.0 pulgada de diámetros ( líneas color azul) y éstos a la vez es repartido a cada uno de los bancadas a través de Ecotubo de 20.0 mm y distribuidos a los tubos de cultivo mediante los micro tubos de 6.0mmx4.0mm



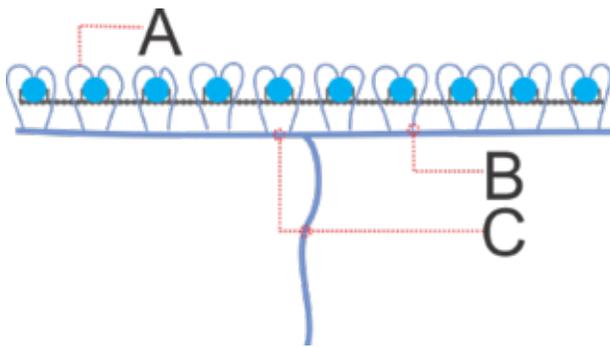
### 2.3. RED DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA DE RIEGO A TUBOS DE CULTIVO

A partir de la matriz principal la Solución Nutritiva se distribuye a cada uno de los tubos de cultivo con micro tubos de PE de 6.0x4.0mm, las cuales son conectadas al conector bilabial de 8.0mm insertadas al Eco tubo de 20.0mm

Especificaciones técnicas de riego.

A cada tubo de cultivo tiene q entrar al menos de 1.5 a 2 litros de SN/minuto y garantizar el oxígeno disuelto de 3.0 a 4.0 ppm de OD/L.

Existen equipos para medir el Oxígeno Disuelto (OD), , muchas veces no es accesible para el productor, una de las formas prácticas de garantizar el OD es permitir el ingreso de SN de 1.5 a 2.0 L de SN/minuto/tubo de cultivo.



A: Microtubo PE de 6.0x4.0mm de diámetro

B: Conector labial PE de 8.0mm (unión de micro tubo con eco tubo).

C: Ecotubo de 20.0mm

### 2.4. DIÁMETRO DE LAS SALIDAS DE TUBO DE CULTIVO

Los diferentes diámetros de las salidas del tubo de cultivo influyen en gran escala en la renovación de la solución nutritiva dentro los tubos de cultivo. Recomendando siempre que la salida sea comprendida entre 1.0 a de 2.0 pulgadas de diámetro.

#### VENTAJAS

Mayor renovación de SN

Mayor oxigenación

No existen rebalses SN

No existen limitaciones en ingreso de SN de 1.5 a 2.0 L/min/tubo de cultivo.

Mayor respiración y desarrollo radicular.

## TOME EN CUENTA

Salidas 1.0 a 2.0 pulgadas de diámetro

La pendiente del tubo de cultivo tiene que ser 0% (cero por ciento) cualquier imperfección aunque sea en 1.0cm puede generar partes del tubo de cultivo no tenga uniformidad en la distribución de SN.

Con salidas de 2.0 pulgadas de diámetro, los porta vasos tiene que tener un diámetro de 50.8mm (broca circular de 50.8 mm), inferiores a este valor, la raíz puede tener dificultades en entrar en contacto con la SN. La falta de contacto de raíz con SN genera deshidratación de la raíz y muerte de la plántula.



A: Salidas de 20.0 mm de diámetro.

B: Salidas con reductor de 3.0 a 1.0 pulgada de diámetro.

C: Salidas con reductores de 3.0 a 2.0 pulgadas de diámetro.

Personalmente prefiero instalar con salidas entre 1 a 2 pulgadas. Las últimas modificaciones que realizamos para un mejor funcionamiento del sistema.

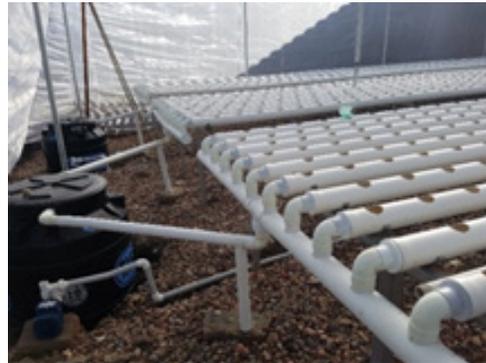
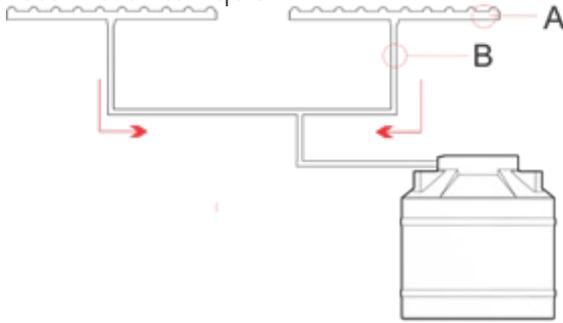
## 2.5. PENDIENTE DE LOS TUBOS DE CULTIVO

Los tubos de cultivo tienen una pendiente de 0%, la SN sale por rebalse, por tal razón, en la base del tubo siempre queda una lámina de 1.0 a 2.5.0 cm de Solución Nutritiva.



## 2.6. RETORNO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA HACIA EL TANQUE

Diagrama de tubería de recolección de la solución nutritiva que lleva de retorno al tanque.

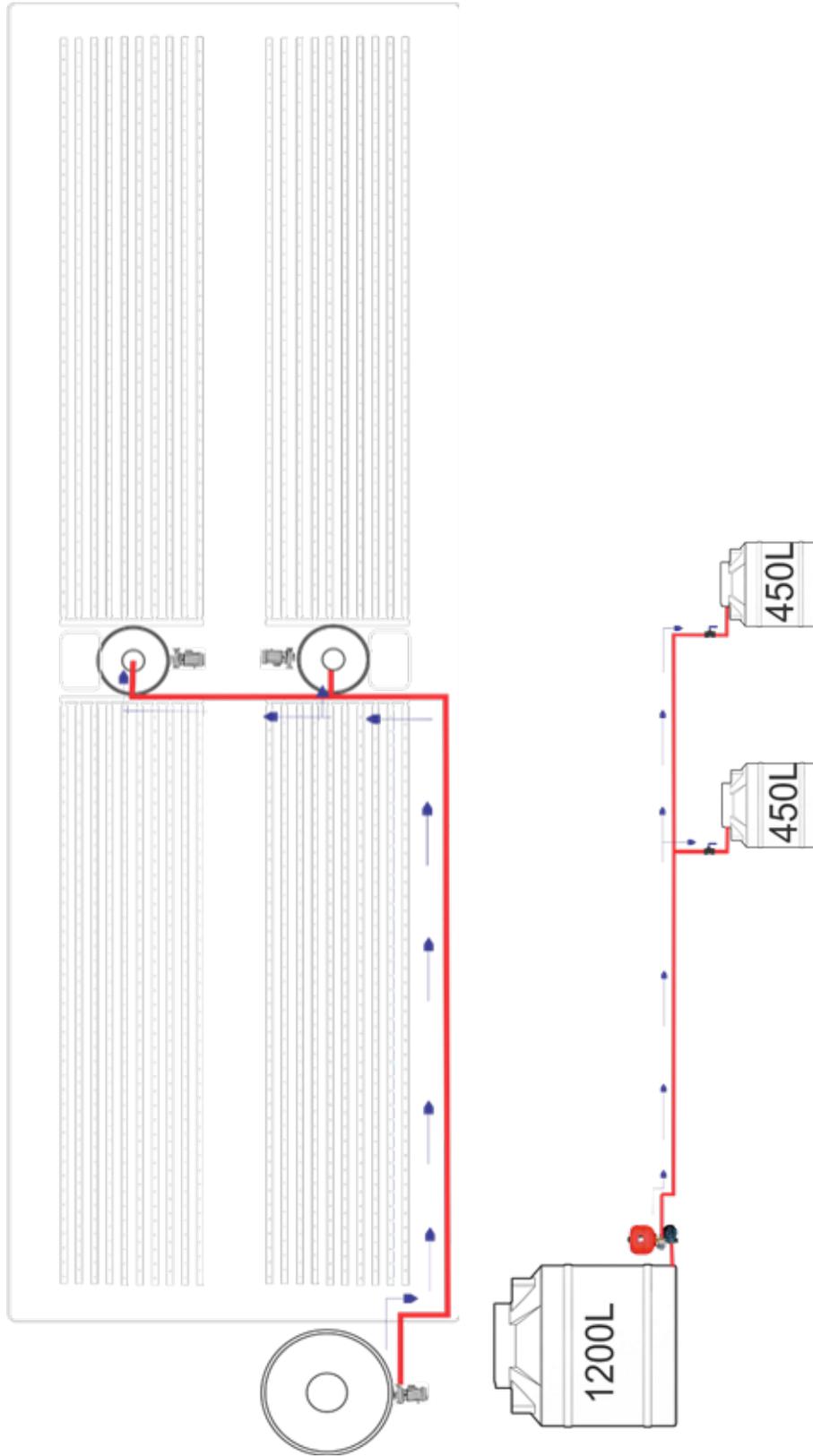


A: Tubo recolector de 3.0 pulgadas de diámetro PVC sanitario/desagüe

B: Tubo recolector de 2.0 pulgadas de diámetro PVC sanitario/desagüe

El sistema consta de una tanque madre de 1200.0 L de capacidad de volumen, en el cual se hace el tratamiento del agua, hasta que el pH baje a 6.5 -6.3 (eliminación de carbonatos y bicarbonatos) y luego recién es distribuido por una red impulsada por una electrobomba hacia los tanques de la Solución Nutritiva.

3. SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA  
El agua es la materia prima en Hidroponía, hacer el tratamiento es importante para lograr producción excelente.



### 3.CABALLETES O PIES DE SOPORTE DE LOS TUBOS DE CULTIVO

Caballetes: son estructuras de soporte de tubos de cultivo, el material puede ser de madera, hierro corrugado/acero o de perfil galvanizado, la elección del material depende de cada uno, de acuerdo a la disponibilidad económica.

La altura del caballete fluctúa entre 60 a 80 cm más recomendado para mejor trabajo (trasplante, cosecha, lavado, desinfección, etc.)

En la siguiente figura se describe las distancias óptimas entre los caballetes.

Cada bancada, tiene 5 caballetes distribuidas cada 2.0 m los intermediarios y los extremos a 1.8m con propósito de facilidad en manipuleo (lavado, desinfección, colocado, etc.).

#### RECOMENDACIONES

Las distancias máximas entre los caballetes es de 2.0 m, mayores a este valor el tubo de cultivo tiende a arquearse por el peso, dificultado la circulación de la Solución Nutritiva, causando rebalses

#### Tipos y modelos de caballetes de las bancadas de producción

Caballetes de Perfil Galvanizado en C (PGC) de 60x30x1.0mm



*Rene Cabezas*

*Manual práctico de Hidroponía*

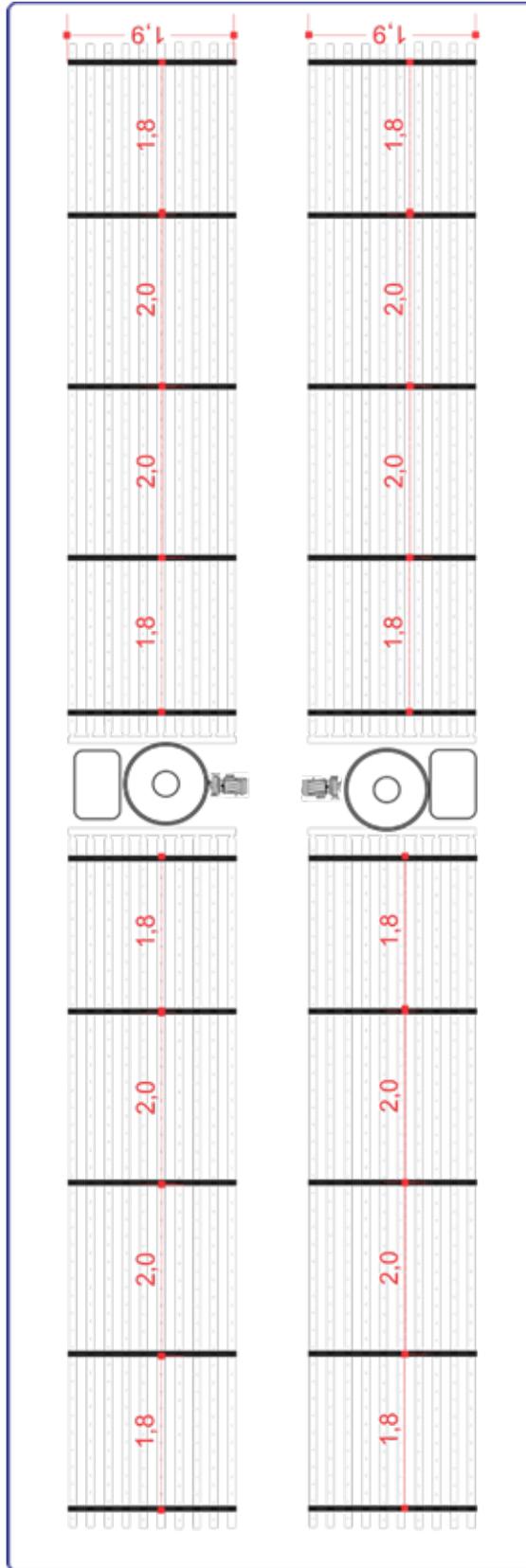
Caballetes de madera, cuya durabilidad es menor a 2 años dependiendo de la dureza de la madera y el cuidado que se le dá.



Caballetes de hierro corrugado de 1/2 pulgada y de 3/8 de pulgada de diámetro, personalmente recomiendo por la facilidad transportar de un lugar para otro.



Distribución de los caballetes a lo largo de las bancadas de producción



## 4. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

Un sistema de automatización simple sumamente eficiente tiene las siguientes componentes.

### DISYUNTOR TÉRMICO

Interrumpe cuando la intensidad de la corriente eléctrica exceda de un determinado valor de 220 V, con el objetivo de no causar daño a los objetos eléctricos conectados.

### PROGRAMADOR O TIMER

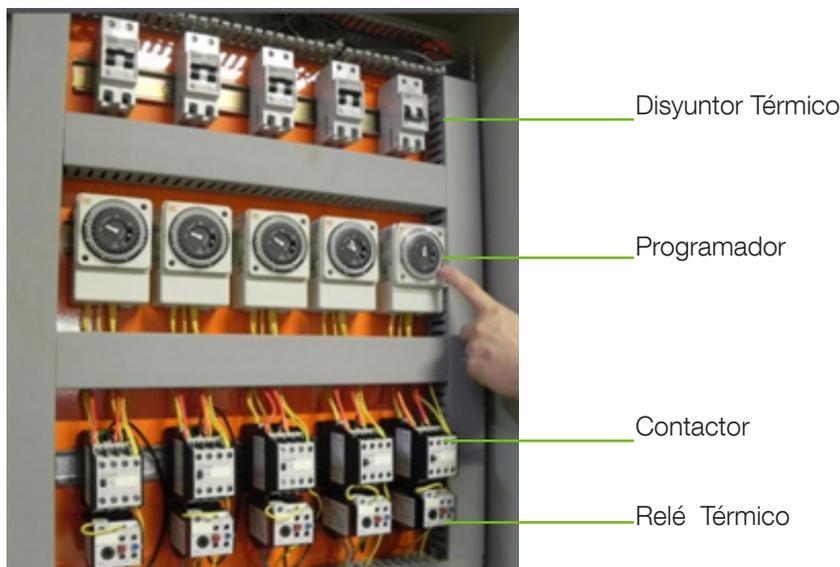
Existen dos tipos de programadores digital y analógico: personalmente prefiero un programador digital. El programador es el responsable de controlar los tiempos de prendido o apagado de la electrobomba.

### CONTACTOR

La función que cumple es proteger al programador debido a la alta demanda de electricidad en el arranque de la electrobomba.

### RELÉ TÉRMICO

Protege el motor (electrobomba) contra la sobrecarga.



# INSTALACION PARA CULTIVOS EN SUSTRATO HIDROPONÍA

## DIMENSIONES Y MANGAS DE SUSTRATO

### Instalación de sistema hidropónicos para cultivos en sustrato



Nivelación del terreno



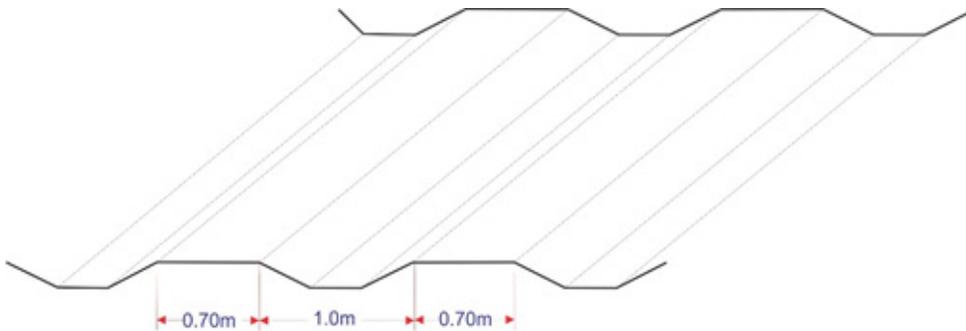
Marcado de surcos para apertura de canales de drenaje



Construcción de canales de drenaje y camellones para mangas



Toda las partículas o terrones deber ser desmenuzados y nivelados para evitar el deterioro del plásticos que se cubrirá más adelante.



Dimensiones de las surcos y canales de drenaje



Una vez nivelado el terreno. Cubrir el suelo con plástico lechoso o blanco de 200 micrones o 800 galgas de grosor, con el fin de evitar el desarrollo de hierbas, exceso de humedad pueda favorecer el desarrollo de algas y hongos

Eche gravilla a los pasillos para proteger que se rompa el plástico y facilitar el drenaje de la solución nutritiva de las mangas.



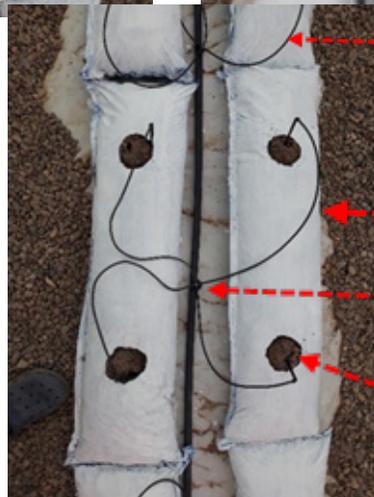
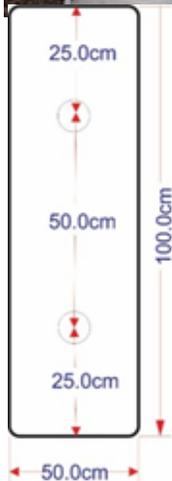
Los canales de drenaje deben tener una pendiente de 0.5 a 1.0% para salida del agua, exceso de drenaje.



Colocado de mangas de sustrato



Como las mangas son de color azul pintar con pintura látex color blanca para evitar la absorción del calor. (Existen mangas bicolors, las cuales ya no necesitan ningún proceso de pintado)  
 Con un estilete o algún objeto puntiagudo abrir huecos para el trasplante de los plantines de tomate. Diámetro recomendado 51.0mm



Ecotubo Polietileno de 20.0mm

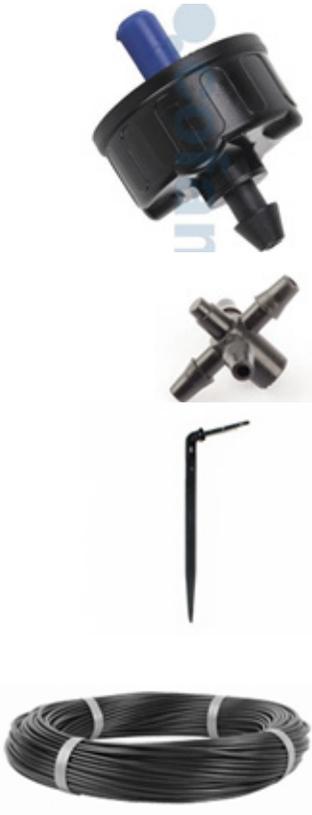
Microtubo Vivetek MPT  
5.0mmx3.0mm

Goteador MPT Polietileno de 4L/H  
+ Conectores MPT Polietileno, 4.0 salidas

Flechas MPT

Componentes de instalación del sistema de riego por goteo

DETALLES DE LOS ACCESORIOS DEL SISTEMA DE GOTEO



GOTeadOR MPT

Material : Polietileno  
 Caudal : 4L/h  
 Presión de trabajo : 0.6 a 7.0 bar

CONECTORES MPT, 4 SALIDAS

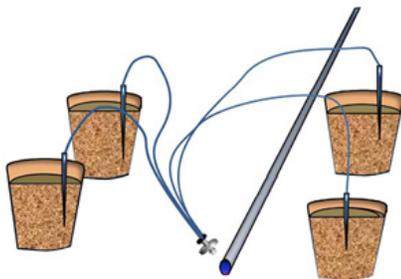
Material : Polipropileno  
 Protección : U.V.

PIQUETE/FLECHAS MPT

Material : Polietileno

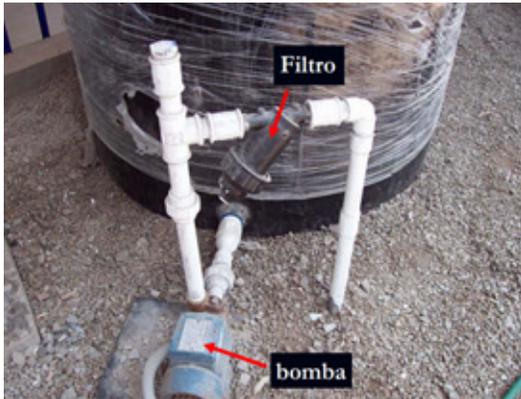
MICROTUBOS VIVETEK MPT

Medida Rollo : 500 m  
 Material : PVC 100% virgen  
 Diámetro/Exterior : 5.0 mm  
 Diámetro/Interior : 3.0 mm  
 Vida útil : 7 años  
 Presión de trabajo : hasta 8.0 Bar.



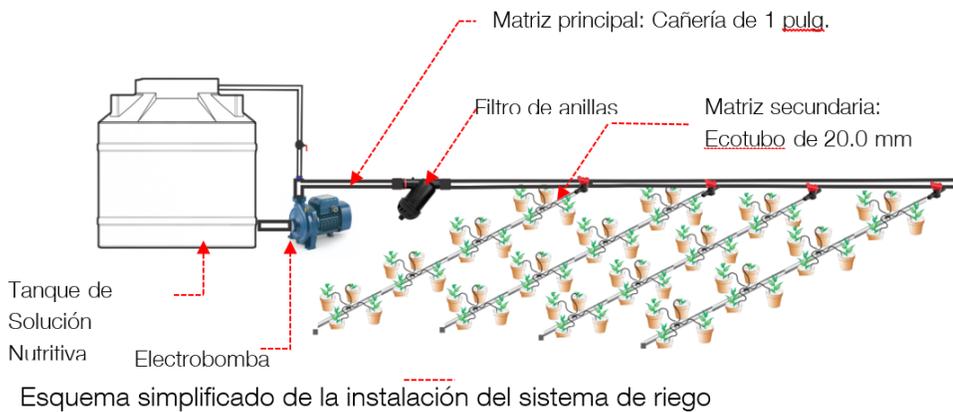
La inserción del gotero al Ecotubo de 20.0mm se hace a presión, haciendo una guía con una aguja o alambre delgada

## ELECTROBOMBA Y TANQUES DE SOLUCIÓN NUTRITIVA



Filtro.  
Electrobomba  
Tanque de solución nutritiva

Imagen extraída de Rodríguez, A.(2016)



## AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

Un sistema de automatización simple pero sumamente eficiente tiene las siguientes componentes.

### DISYUNTOR TÉRMICO

Interrumpe cuando la intensidad de la corriente eléctrica por el cual circula exceda de un determinado valor de 220 V, con el objetivo de no causar daño a los objetos eléctricos conectados

### PROGRAMADOR O TIMER

Hay dos tipos de programadores digital y analógico: yo personalmente prefiero un programador digital. El programador es el responsable de controlar los tiempos de prendido o apagado de la electrobomba.

### CONTACTOR

La función que cumple es proteger al programador debido a la alta de-

manda de electricidad en el arranque de la electrobomba.

## RELÉ TÉRMICO

Protege el motor (electrobomba) contra la sobrecarga



Esquema de instalación del sistema de automatización de riego ( 2 o más electrobombas pueden ser conectadas a un solo programador o timer, pero obligatoriamente cada electrobomba debe contar con un contactor.

## FRECUENCIAS E INTERVALOS DE RIEGO

Las frecuencias e intervalos de riego en cultivos en sustrato hidropónicos está en función de

Tipo de sustrato

Volumen del sustrato

Tipo del contenedor

Especie y variedad del cultivo

Intensidad lumínica

Temperatura

Radiación

Son factores que influirán en las frecuencias de riego

Además el tipo de gotero y el volumen del gotero que se va instalar o instalado.

En condiciones del valle con temperaturas entre 12°C y 28°C en sustrato de arenilla entre 0.5 a 2.5mm, con mangas de 100cm largo x30cm ancho , llegando a contener un volumen de sustrato de 31.5 Litros las frecuencias de riego siguen en la siguiente orden

Con goteros tipo araña con de 4Litros por hora tipo araña( 1 gotero por cada planta) las frecuencias y los intervalos de riego fueron lo siguiente.

### **Etapa crecimiento vegetativo**

*Manual práctico de Hidroponía*



En la etapa de crecimiento vegetativo, frecuencia de riego 3 veces al día con duración de 15 minutos por cada riego.

### **Etapa floración**



En la etapa floración , frecuencia de riego 4 veces al día con duración de 20 minutos por cada riego.

### **Etapa fructificación**



En la etapa floración , frecuencia de riego 5 veces al día con duración de 30 minutos por cada riego.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barcelos O. J. 2017. Curso de HIDROPONIA. Laboratorio de Hidroponía. Dpto. de Ingeniería Rural, Centro de Ciencias Agrarias. Universidad Federal Santa Catarina, Florianópolis SC, Brasil.56p.
- Hidalgo V.C. 2014. Producción de Hortalizas de Fruto en Invernadero. Universidad Científica del Sur, Perú. 65pp.
- Huanca Ch. C. 2017. Fertilizantes Hidrosolubles. La Paz, Bolivia. 10p.
- Furlani R. P. 2016. Formulación de Soluciones Nutritivas. Campinas SP-Brazil. 69p
- Paqui Y.L. 2016. Sustratos, Propiedades y Manejo. Centro de Investigación de Hidroponía, Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 33p.
- Rodríguez D.A. 2017. Sistemas de Riego por Goteo, Producción de Tomate y Pepino. 17° Curso Internacional de Hidroponía, 2016. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 84p.
- Rodríguez D.A. y Chang La R. M. 2001. Soluciones Nutritivas en Hidroponía. Formulación y Preparación. 1era Edición. Departamento de Biología. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 100p.
- Urrestarazu G. M. 2015. Manual práctico del cultivo sin suelo e Hidroponía. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 229 p.
- Soriano,M.T. 2017. Factores determinantes de la producción en cultivos protegidos.IFAPA-Granada-España.134p.
- Villarroel, L.J. 2017.Selección y Manejo de Plásticos para Invernaderos,INTAGRI. 85p.

## SOBRE EL AUTOR



## RENÉ CABEZAS ALBARRACÍN

Agrónomo de profesión, Titulado de Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba-Bolivia. Trabaja en producción de cultivos sin suelo, Hidroponía y nutrición mineral. Fundador de IiiTAMLab (Laboratorio de Investigación e Innovación Tecnológica en Agricultura Moderna. IiiTAMLab. En menos de 4 años formó más de 47 emprendimientos en Hidroponía en toda Bolivia, las cuales están bajo su asesoramiento

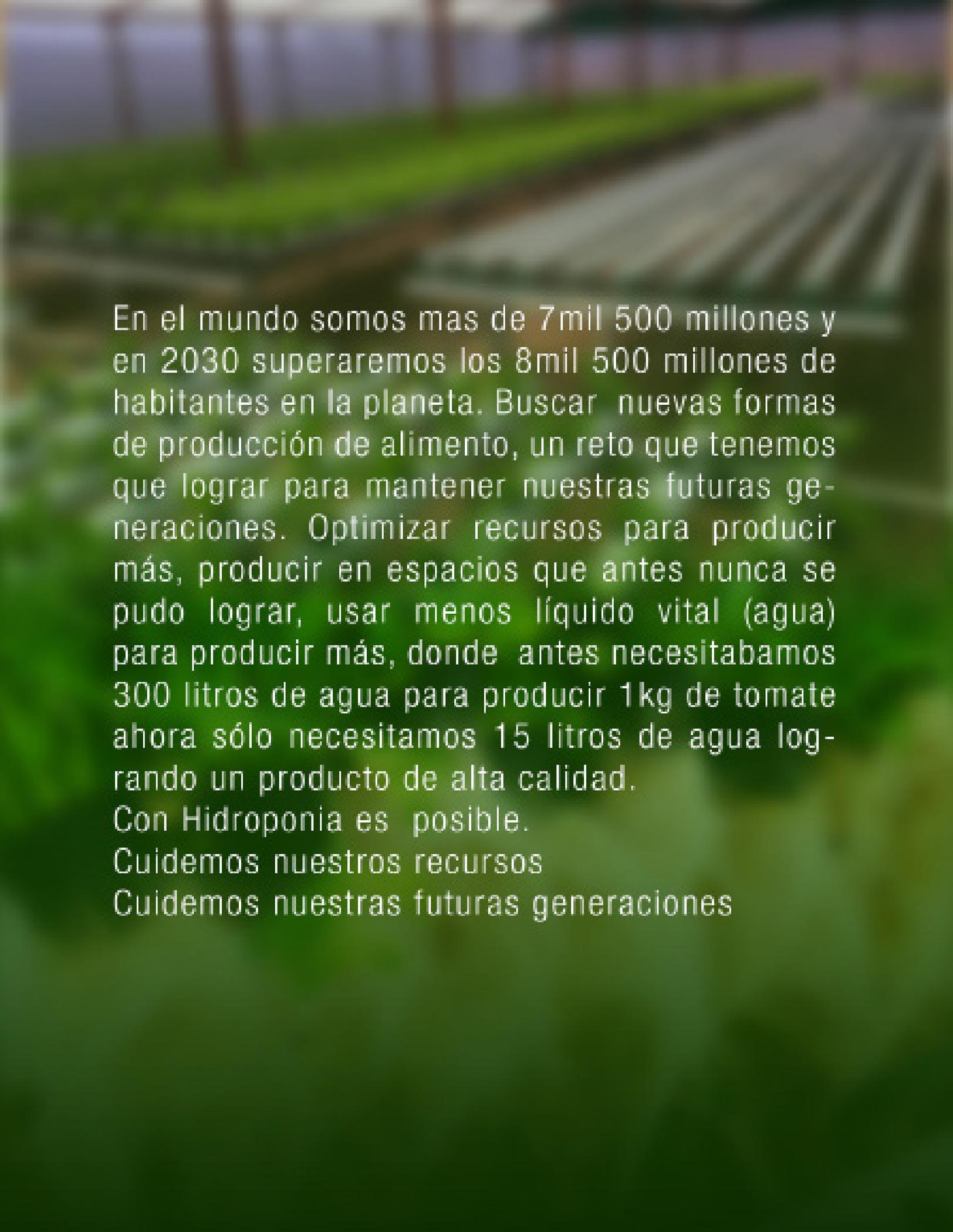
Apasionado, práctico e inspirador en las técnicas de producción de cultivos sin suelo e Hidroponía, la enseñanza no sólo debe iniciar en Universidades o institutos superiores de Educación, sino desde los niveles básicos de enseñanza, escuelas, colegios y asumamos los retos alimenticios del futuro y la única forma de multiplicar los resultados es dando información, información valiosa y práctica.

WhatsApp :+591 71770855

Web :<https://renecabezas.com>

Gmail :cabezas90@gmail.com

Facebook :@cabezashidroponía



En el mundo somos mas de 7mil 500 millones y en 2030 superaremos los 8mil 500 millones de habitantes en la planeta. Buscar nuevas formas de producción de alimento, un reto que tenemos que lograr para mantener nuestras futuras generaciones. Optimizar recursos para producir más, producir en espacios que antes nunca se pudo lograr, usar menos líquido vital (agua) para producir más, donde antes necesitabamos 300 litros de agua para producir 1kg de tomate ahora sólo necesitamos 15 litros de agua logrando un producto de alta calidad.

Con Hidroponia es posible.

Cuidemos nuestros recursos

Cuidemos nuestras futuras generaciones