CENTRO DE INVESTIGACION EN QUÍMICA APLICADA

MANEJO DE RIEGO EN HIDROPONIA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS Y SUS MEZCLAS

CASO DE ESTUDIO

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIZACION EN QUIMICA APLICADA

OPCIÓN: AGROPLASTICULTURA

PRESENTA:

ING. MARIA DE LOURDES DE LA MORA ROSALES

CENTRO DE INFORMACIÓN
3 0 AGO 2011
RECIBIDO

SALTILLO, COAHUILA **AGOSTO 2011**

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

MANEJO DE RIEGO EN HIDROPONIA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS Y SUS MEZCLAS

CASO DE ESTUDIO

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: AGROPLASTICULTURA

PRESENTA:

ING. MARIA DE LOURDES DE LA MORA ROSALES

ASESOR:

M.C. Eduardo Alfonso Treviño López

SALTILLO, COAHUILA **AGOSTO 2011**

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

MANEJO DE RIEGO EN HIDROPONIA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS Y SUS MEZCLAS

CASO DE ESTUDIO

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: ARGOPLASTICULTURA

PRESENTA:

ING. MARIA DE LOURDES DE LA MORA ROSALES

EVALUADORES:

M.C. Federico Cerda Ramírez **Dr. Marco Antonio Arellano García**

SALTILLO, COAHUILA **AGOSTO 2011**

MANEJO DE RIEGO EN HIDROPONIA EN DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS Y SUS MEZCLAS.

CONTENIDO **PÁGINA**

INDICE	i
ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	2
OBJETIVO DE CASO DE ESTUDIO	3
REVISION DE BIBLIOGRAFIA	3
SUSTRATOS	5
PROPIEDADES DE LOS SUSTRATOS DE CULTIVO	6
CLASIFICACIÓN DE SUSTRATOS	10
CARACTERIZACION FISICA DE LOS SUSTRATOS	14
PRINCIPALES SUSTRATOS EMPLEADOS	15
MEZCLAS DE SUSTRATOS	23
VENTAJAS DEL CULTIVO SIN SUELO	27
DESVENTAJAS DEL CULTIVO SIN SUELO	27
ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO	28
AREAS DE OPORTUNIDAD	32
CONCLUSION	33
NOMENCLATURA	34
BIBLIOGRAFIA	35

ÍNDICE DE CUADROS PÁGINA

Cuadro 1. Propiedades físicas del sustrato perlita, muestra el cambio que sus propiedades físicas tienen dependiendo del diámetro de las partículas. 18

Cuadro 2. Recomendaciones de granulometría para la selección de materiales orgánicos e inorgánicos a usarse en la preparación de sustratos para producción en maceta. 25

Cuadro 3 caracterización física de los tratamientos de tezontle empleados durante el ciclo del tomate. 28

Cuadro 4 suministro de riego total y por día, perdidas por drenaje, consumo y eficiencia en el uso de agua en tomate cv 'Gironda' crecido en suelo y tezontle. 29

Cuadro 5 propiedades físicas de tres sustratos en el desarrollo de variedades de jitomate hidropónico e invernadero. 30

Cuadro 6 Numero de racimos por planta, frutos por racimo y frutos por planta como efecto de tres sustratos utilizados en hidroponía bajo invernadero. 30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 sistema de cultivo NGS: 1 emisor; 2 cepellón; 3 primera capa; 4 Segunda capa y 5, colector final. 4

Figura 2 esquemas de plántula establecida en semillero en sistema flotante 5

Figura 3. Curva de retención de agua de un sustrato ideal. 13

Figura 4. Se muestra la presentación de fibra de coco aplicada como sustrato para el crecimiento de pantas bajo condiciones hidropónicas 15

Figura 5.Sustrato de aserrín de madera 14

Figura 6. Sustrato turba 17

Figura 7. Sustrato hidropónico de perlita 18

Figura 8. Sustrato vermiculita 19

Figura 9. Sustrato hidropónico de lana de roca 20

Figura 10. Sustrato de tezontle. 21

Figura 11. Sustrato de arena 22

Figura 12. Sustrato Hidrogel 23

INTRODUCCION

La agricultura a nivel mundial, es la mayor consumidora de agua entre los diferentes usos que el hombre da a este recurso, para la producción es fundamental debido a que es un elemento constitutivo de los seres vivos y por lo tanto de las plantas. La gran parte del planeta esta ocupada por gua pero una pequeña parte es apta para el consumo de los seres vivos. Debido a lo anterior es necesario optimizar el uso de este recurso.

Otra problemática de la agricultura es la expansión demográfica en el mundo, la cual produce una reducción en las superficies agrícolas. La agricultura protegida es una alternativa para una mayor producción de alimentos, en la cual se tiene un mejor control sobre las condiciones medioambientales demandadas por los cultivos. Uno de los objetivos principales de estos sistemas agrícolas es tener una mayor producción y calidad así como lograr optimizar los recursos naturales como los económicos en una menor superficie.

Un sistema de producción intensiva es la hidroponía la cual se caracteriza por el crecimiento de las plantas sin suelo, el cual es sustituido por sustratos de origen: orgánicos, sintéticos y naturales, así como la mezcla entre los diferentes tipos de sustratos, los cuales tienen distintas características tanto físicas, químicas y mecánicas.

Un factor de suma importancia para el manejo de cualquier cultivo es la aplicación de agua en cantidades y momentos adecuados buscando siempre este que recurso sea aprovechado con la mayor eficiencia posible, con el uso de todas las herramientas que están disponibles. La manera de nutrición en los sistemas hidropónicos es a través de soluciones nutritivas vía riego, manejándose distintos volúmenes de agua y tiempo de riego dependiendo del sustrato o sus mezclas que se vaya a utilizar en el sistema hidropónico.

ANTECEDENTES

La hidroponía ha estado en desarrollo desde el siglo XV cuando los experimentos se llevaron a cabo para determinar las sustancias químicas necesarias para el crecimiento vegetal. Estos primeros experimentos incluyeron el análisis químico de las plantas. Sin embargo, ya había sido aplicado desde los tiempos antiguos en diferentes tipos de culturas (Gert, 2010).

En la búsqueda de los materiales que sustituyen al suelo para ser utilizados en la siembra hidropónica se han probado, analizado, evaluado y clasificado medios de cultivos diferentes, llegándose a la conclusión de que todos los propuestos son útiles, con algunas ventajas y con ciertos inconvenientes. Por consiguiente, no existe un sustrato ideal sino que el éxito depende del uso específico al que vaya destinado, es decir, si es para la germinación de plantas, para su propagación o para su crecimiento y desarrollo (Resh, 1992).

OBJETIVO DEL CASO DE ESTUDIO

El objetivo de este documento es principalmente recabar información de uso y manejo del riego en hidroponía en diferentes tipos de sustratos y sus mezclas bajo condiciones de invernadero.

REVISION DE BIBLIOGRAFIA

HIDROPONIA

El vocablo hidroponía proviene de dos palabras griegas HYDRO que significa agua y PONOS que significa trabajo. Se concibe a la hidroponía como una serie de sistemas de producción en donde los nutrientes llegan a la planta a través del agua, son aplicados en forma artificial y el suelo no participa en la nutrición (Glisanz, 2007). La técnica de hidroponía, o cultivo sin suelo requiere una serie de dotaciones técnicas imprescindibles para poder sacar el máximo provecho de ella. Al prescindir del suelo y cultivar en sustratos esterilizados, por su propio proceso de fabricación, se garantiza la sanidad del sistema radicular (Galdeano *et al.*, 2003).

DISTINTOS SISTEMAS HIDROPONICOS.

Sistema Nutrient Film Technique (NFT): requerimientos y usos

La técnica de la disolución nutritiva recircularte, conocida como NFT o "Nutrient Film Technique" es el sistema hidropónico recircularte más popular para la producción de cultivo en el mundo. Este sistema fue desarrollado en la década del sesenta por el Dr. Allan Cooper, en Inglaterra. La ventaja del sistema NFT, que se destaca en relación a otros sistemas hidropónicos consiste en la alta calidad obtenida de diferentes productos hortícolas en un corto periodo de cultivo como también en rendimientos. (Urrestarazu, 1997). Entre las desventajas que se indican para esta técnica de cultivo, se destaca la mayor inversión inicial requerida, así como la posible diseminación de patógenos a través de la disolución, por ende, la posibilidad de obtener enfermedades en forma muy rápida peligrando el éxito del cultivo (Urrestarazu, 1997).

Aeroponia

En aeroponia, las raíces de las plantas se mantienen en la oscuridad y bajo condiciones muy húmedas. Son humedecidas con una solución de nutrientes un par de veces por día mediante nebulización. Una pequeña porción de las raíces pueden mantenerse en contacto con la delgada película de agua la mayor parte del día. Las raíces deben ser suministradas con una solución cuidadosamente equilibrada de nutrientes en el que los productos químicos se mantienen en niveles adecuados para que las plantas se puedan satisfacer en todo momento (Gert, 2010).

Sistema NGS (New Growing System)

El sistema de cultivo NGS® (figura 1) representa una nueva forma de cultivo hidropónico, desarrollado completamente en Almería (España) por la empresa New Growing System, S, L, desde su aparición en 1991, se ha extendido por más de veinte países, dentro de los cuales destacan: Brasil, Chile, Ecuador, Francia, Grecia, Italia , Omán, Reino Unido y México.

El sistema NGS® es una modalidad de cultivo hidropónico caracterizado por la ausencia de sustrato; es decir, se trata de un cultivo hidropónico puro, en el que las raíces se desarrollan en una Solución Nutritiva Recirculante (SNR) que circula en circuito cerrado, permitiendo un ahorro significativo de agua y fertilizantes, lo que le da a este sistema un carácter ecológico y de respeto al medio ambiente. (Urrestarazu, 1997).

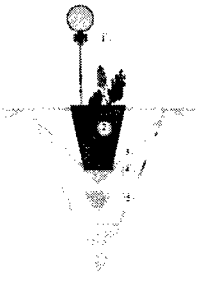


Figura 1 sistema de cultivo NGS: 1 emisor; 2 cepellón; 3 primera capa; 4 Segunda capa y 5, colector final. Fuente:http://books.google.com.mx

Semilleros en sistema flotante.

Los sistemas flotantes, (figura 2) ya sea mesa, como o raíz flotante y sistema hidropónico de flujo profundo, consisten en la suspensión de las raíces total o parcialmente en la disolución nutritiva. Actualmente son alternativas productivas para la producción de hortalizas, principalmente de hoja. Países como Canadá, Estados Unidos, Japón, Italia, Venezuela y algunos países de Sudamérica, entre otros, han adquirido esa técnica con el fin de obtener hortalizas precoces. Así es posible obtener un mayor de cosechas al año.

El semillero en un sistema flotante, específicamente, consiste en la siembra en bandejas rellenas con sustrato, las cuales se depositan en piscinas que contienen disolución nutritiva. De este modo, se facilita las prácticas de riego y de fertilización para el productor.

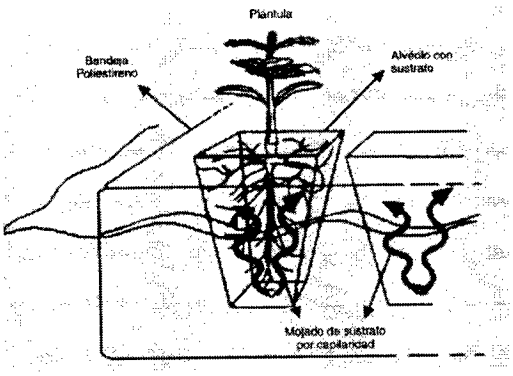


Figura 2 esquema de plántula establecida en semillero en sistema flotante

SUSTRATOS

El suelo o la tierra natural utilizados tradicionalmente en la agricultura convencional tienen algunos factores negativos que impiden o limitan la siembra, como la falta de textura uniforme, el exceso de alcalinidad o salinidad, las pendientes extremas, diferentes plagas, el empobrecimiento en nutrientes y el que no todos los suelos son útiles para el cultivo; además que la gran mayoría de personas no cuentan con grandes extensiones para cultivar (Barbado, 2005).

"SUSTRATO" es el término que se le aplica a todo material sólido distinto a la tierra que se utiliza para la siembra en hidroponía, usando solo como sostén para la planta, pero no para su alimentación (Resh, 1992). Es todo material sólido distinto del suelo natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico que, colocado en un contenedor o recipiente, en forma

pura o mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para ésta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta. En el lenguaje hidropónico, los sustratos son materiales sobre los que se desarrollan las raíces de las plantas; éstos pueden ser sólidos o líquidos (Barbado, 2005).

La elección del sustrato a utilizar depende de sus calidades fisicoquímicas (retención de agua, aireación), su costo (precio, abastecimiento, tiempo de utilización...), su facilidad de empleo (instalación, desinfección...) y su impacto en el medio ambiente (tiempo de utilización, reciclaje (Langlais *et al.,* 2002). Las características de un sustrato son el resultado de sus propiedades físicas. Éstas dependen de la estructura de los componentes y vienen definidas por la proporción entre partículas de tamaño grande y pequeño, el conjunto de poros y los volúmenes relativos de agua y de aire que ocupan los poros (FAO, 2002).

PROPIEDADES DE LOS SUSTRATOS DE CULTIVO

Propiedades Físicas

Las propiedades físicas de los sustratos son de primera importancia ya que una vez que el sustrato esté en el contenedor y la planta esté creciendo en él, no es posible modificar las características físicas básicas de dicho sustrato. En contraste, las características químicas si pueden ser modificadas. (Requejo, 2008)

Espacio poroso total

Es el volumen total del sustrato de cultivo no ocupado por partículas orgánicas o minerales. El valor óptimo de porosidad es superior al 85%, razón por la cual se puede cultivar con volúmenes reducidos de sustrato (Moreno, 2007). La caracterización del volumen poroso muestra que la porosidad puede ser intraparticular, cuando se refiere a los poros situados en el interior de las partículas del sustrato, o interparticular, cuando está constituida por los poros existentes entre las diferentes partículas. En el caso de porosidad cerrada no existe comunicación entre los poros del interior de las partículas y los que están en el exterior, entre dichas partículas. En consecuencia, aquellos poros internos no influirán sobre la distribución del agua y el aire en el sustrato, siendo su único efecto el proporcionar ligereza al

sustrato. Si, por el contrario, la porosidad es abierta, el agua puede circular por el interior de las partículas, pudiendo participar, en consecuencia en el aporte de agua a la planta. Por lo anterior, una alta porosidad total no incida por sí misma una buena estabilidad del sustrato, sino que es necesario conocer la relación entre fracción de la porosidad que proporciona el agua y aquella que proporciona la aireación (Requejo, 2008).

Capacidad de aireación

Es la proporción de volumen de sustrato de cultivo que contiene aire después de que dicho sustrato ha sido saturado con agua y dejado drenar (tensión de 10 cm de columna de agua). El valor óptimo se sitúa entre el 20-30%, siendo dicho valor el encargado de suministrar aire y por lo tanto, oxígeno a las raíces de la planta. Un mismo volumen de sustrato retendrá más agua cuanto menor sea la altura del contenedor, debiendo adecuar la altura al tipo de sustrato empleado (Moreno, 2007).

Retención de agua

Se define como la proporción del volumen del sustrato de cultivo que contiene agua después de que dicho sustrato ha sido saturado con agua y dejado drenar usualmente a 0.01 MPa de tensión. El valor óptimo se ubica alrededor de 40 %. Los poros que se mantienen llenos de agua después del drenaje, son los de mejor tamaño. Es necesario, entonces, distinguir entre el agua retenida por el sustrato y que es accesible para la planta, y el agua fuertemente retenida por dicho sustrato y que no es utilizable, ya que la succión aplicada por las raíces no supera la fuerza con la que el agua es retenida por las partículas del sustrato. Por lo tanto, y en relación con los sustratos, lo que interesa es la capacidad de retención de agua fácilmente disponible y no la capacidad de retención total de agua (Requejo, 2008).

Densidad aparente

Se define como la masa seca del material sólido por unidad de volumen aparente del sustrato, es decir, incluyendo el espacio poroso entre las partículas. La densidad aparente juega un papel importante, ya que los sustratos y los contenedores se transportan durante su manejo y manipulación y, consecuentemente, su peso ha de ser tenido en cuenta. En adición,

el anclaje de las plantas debería ser también considerado como un factor de importancia. En los invernaderos, donde el viento no es un factor limitante, la densidad aparente de saturado puede ser tan baja como 0.15 g cm^{-3} (Requejo, 2008).

Densidad real

La densidad real (de la partícula) de un sustrato se define como la masa seca del material sin incluir el espacio poroso entre las partículas que compone dicho sustrato. Ésta es una propiedad que refleja muy poco las aptitudes de un material para ser utilizado como sustrato. Su valor varía según la materia de que se trate y suele oscilar entre 2.5- 3.0 g/cm^3 para la mayoría de los de origen mineral, mientras que los de origen orgánico presenta valores por lo regular menores a uno (Requejo, 2008).

Granulometría

La granulometría de un sustrato expresa la distribución de las partículas según su tamaño, como porcentaje de la masa de cada fracción de tamaño, en relación con la masa total seca al aire. En los laboratorios no hay una norma única sobre la serie de tamaños de los tamices a emplear para esta determinación. Un ejemplo de serie de tamices es 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.250, 0.125 mm. (IVIA, 1997).

Propiedades Químicas

Los sustratos que más se están utilizando en los sistemas de cultivo sin suelo para el cultivo de hortalizas, son aquellos que tienen una baja actividad química y que por lo tanto, apenas interfieren en la solución nutritiva aportada (Moreno, 2007). Estas propiedades caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución de nutrientes, los materiales orgánicos son los componentes que mayormente contribuyen a la química de los sustratos, debido a la formación y presencia de las sustancias húmicas con el paso del tiempo (Requejo, 2008).

Capacidad de intercambio catiónico. C.I.C.

Se define como la suma de cationes que pueden ser adsorbidos por unidad de peso del sustrato, es decir, la capacidad de retener cationes nutrientes e intercambiarlos con la solución acuosa. Una CIC alta es propia de los sustratos orgánicos. Se expresa en miliequivalentes por unidad de peso o volumen, meq/100 g. o meq/100 cc.

En los actuales sistemas de cultivos sin suelo, en los que con la nueva tecnología existente en el riego se permite formular de forma cómoda las soluciones nutritivas, suele usar sustratos con una baja CIC, o sea, que sean químicamente inertes o de muy baja actividad (Moreno, 2007).

Salinidad

La salinidad de un sustrato hace referencia a la concentración de sales existente en el sustrato cuando es suministrado. En aquellos que son inertes la salinidad es prácticamente nula. En sustratos orgánicos puede tener valores elevados. Se determina a través de una técnica analítica del extracto saturado, para aprovechar dichas sales, si son apropiadas, o proceder al lavado del sustrato empleando agua de riego. Se considera que valores de conductividad eléctrica superior a 3.5 mS/cm son excesivamente altos para la mayor parte de cultivos hortícolas (Moreno, 2007).

pH

El desarrollo de las plantas se ve reducido en condiciones de acidez o alcalinidad marcada. El pH influye en la asimilabilidad de los nutrientes por la planta. Con un pH inferior a 5 pueden presentarse deficiencias de nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y con valores superiores a 6,5 se disminuye la asimilabilidad de hierro (Fe), fósforo (P), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn) y cobre (Cu).

Los materiales orgánicos presentan mayor capacidad tampón que los inorgánicos y por lo tanto, mayor capacidad para mantener constante el pH. En general, cuando un sustrato se encuentra fuera de los rangos de pH aconsejados, se debe corregir hasta los valores adecuados (Moreno, 2007).

Materia orgánica

La determinación de la materia orgánica total se realiza en los sustratos orgánicos o con un componente orgánico apreciable. Su análisis tiene poco sentido en los sustratos inorgánicos y, en determinados casos, puede ocasionar errores por pérdida de materia a la temperatura de calcinación. Además de informar sobre el contenido orgánico de un material, se utiliza para estimar la densidad real de los sustratos con elevado componente orgánico (Terés, 2001).

Relación Carbono: Nitrógeno (C/N)

La relación C/N se usa tradicionalmente como un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez y estabilidad. Los daños que aparecen sobre las plantas cultivadas en materiales orgánicos inmaduros, son debidos tanto a una inmovilización de nitrógeno como a una baja disponibilidad de oxígeno en la rizosfera. Esta situación está provocada por la actividad de los microorganismos, que descomponen los materiales orgánicos frescos y utilizan el nitrógeno para la síntesis de sus proteínas celulares; el oxígeno es consumido también por la población microbiana. Una relación C/N inferior a 20 es considerada como óptima para el cultivo en sustrato, y es un índice de un material orgánico maduro y estable (Terés, 2001).

CLASIFICACION DE SUSTRATOS

Los materiales que sirven de sustrato para el cultivo sin tierra pueden ser de origen diverso:

a) Orgánicos, como la cascara de arroz, el aserrín de madera, la cascara de coco, etc. Estos sustratos orgánicos no se recomiendan para el cultivo hidropónico, ya que no son duraderos y, al degradarse pueden obstruir el paso de la solución nutritiva o del oxigeno. Además, pueden contaminar con facilidad al pudrirse, desarrollando hongos o lama.

b) Naturales. Entre las más utilizadas destacan la grava, arena, tezontle, piedra pómez, carbón mineral, piedra volcánica (como el basalto), perlita, vermiculita, ladrillo triturado o la lana de roca. Esta es una combinación de roca basáltica y roca calcárea fundida puesta en un disco giratorio para obtener sólidos fibrosos, que son el sustrato.

c) Sintéticos. También sirven para sustratos el hule espuma, el "tecnosport" y los pelets o esponjas de polipropileno (trozos de plásticos), poliuretano, poliestireno, polietileno, etc.

En algunos países se fabrican y se comercializan diversos sustratos elaborados con materiales variados y características particulares de ligereza, retención de humedad, fáciles de manejar y desinfectar con una duración de hasta 20 a 25 años, de diferentes medidas, etc. (aunque, naturalmente, a unos precios prohibitivos para nuestras economías)(Samperio, 1997).

Según sus propiedades químicamente inertes se destacan:

- Arena silícea o granítica
- Grava
- Roca volcánica
- Perlita
- Lana de roca
- Arcilla expandida

Químicamente activos

- Turbas rubias y negras
- Cortezas de pino
- Residuos lignocelulósicos
- Vermiculita

La diferencia entre ambos grupos se establece por su capacidad de intercambio catiónico (CIC). Cuando la CIC es pequeña o nula el material actúa exclusivamente como medio de soporte para el cultivo, sin ejercer influencia sobre el intercambio de minerales de los que se alimenta la planta. Estos sustratos son los empleados en el cultivo hidropónico. Los materiales químicamente activos acumulan los nutrientes y forman una reserva de la cual los va tomando la planta. Actúan como un colchón entre el suministro y la planta, que amortigua cualquier variación del mismo a lo largo del tiempo (IVIA, 1997).

Funciones del sustrato hidropónico

Dada la generalización del uso de material vegetal selecto de elevado costo, como es la semilla de híbridos y dado el alto nivel de insumos empleados en el cultivo protegido, es evidente que ha aumentado la preocupación por producir plántulas de buena calidad en semilleros bien manejados. El empleo de sustratos es por lo tanto muy recomendable con el fin de:

- facilitar condiciones de cultivo favorables;
- mejorar la organización y el control de la producción de plántulas;
- reducir los costos;
- permitir mecanizar operaciones;
- aumentar los rendimientos (FAO, 2002).

Características deseables en un sustrato

En general, las condiciones requeridas por el uso de un sustrato son principalmente las siguientes:

a) Los sustratos deben estar siempre libres de bacterias o cualquier otra contaminación, así como permitir una fácil desinfección; tiene que contar con una estructura estable, resistir bien los cambios físicos y químicos, permitir fácilmente el desarrollo de las raíces y ser fáciles de conseguir, baratos y reusables

b) conservar la sustancia nutritiva en el rango adecuado para ser asimilada por la planta.

c) Una consideración importante es que el ambiente no debe verse afectado al eliminar los desechos resultantes de la utilización del sustrato.

Se podría describir un sustrato ideal con los siguientes datos (FAO, 2002):

- densidad aparente 0.22 g/cm^3;
- densidad real 1.44 g/cm^3;
- espacio poroso total 85%;
- fase sólida 10-15%;
- contenido de aire 20-30%;
- agua fácilmente disponible 20-30%;
- agua de reserva 6-10%;
- pH 5.5-6.5.
- capacidad de intercambio catiónico 10-30 meq/100 g peso seco.
- contenido de sales solubles 200 ppm (2mS/cm).

La figura 3 demuestra rangos de distribución de retención de agua en función de la tensión para un sustrato ideal.

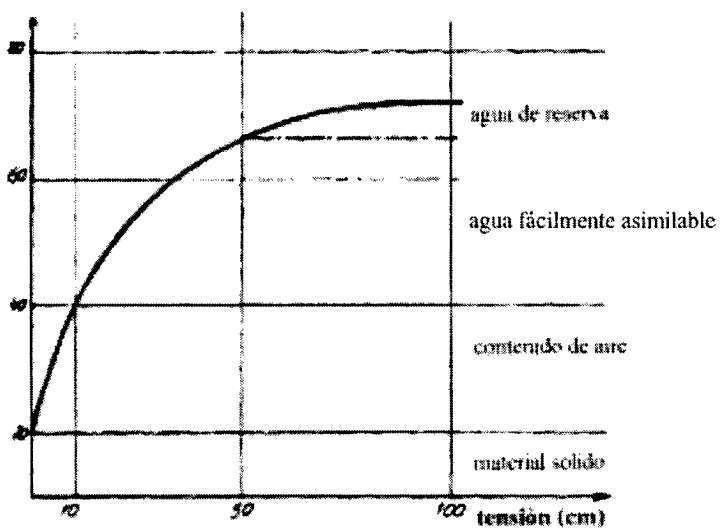


Figura 3. Curva de retención de agua de un sustrato ideal. Fuente (FAO, 2002).

Caracterización física de los sustratos

Las características físicas: porosidad total, porosidad de aeración, capacidad de retención de agua y densidad aparente se puede determinar por diferentes metodologías, (Pérez, 2008) se reportan las metodologías descritas por Castellano, Vargas y Ansorena, que aplican las siguientes ecuaciones:

$$\mathrm{DA} = \frac{Pss}{V}$$

Donde:

DA= Densidad aparente, expresada en g/cm^3

Pss= Peso de suelo en base seca, en g. (Se toma una muestra del sustrato utilizando un cilindro de volumen conocido y se pone a secar a la estufa durante 24 horas (a 110°C).

V= Volumen de recipiente, en cm^3.

Porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA) y capacidad de retención de agua (CRA) se determina tomando la medición del volumen del recipiente de plástico (valor A), se le agrega el sustrato al recipiente de plástico hasta que quedo llena, se le adiciona un volumen de agua conocido (valor B) y se deja drenar este volumen 24 horas (valor C), estas características se determinan con las siguientes ecuaciones:

$$PT(\%) = \left[\frac{B}{A}\right] 100$$

$$PA(\%) = \left[\frac{C}{A}\right] 100$$

CRA= (Porosidad total)- (Porosidad de aireación).

PRINCIPALES SUSTRATOS EMPLEADOS

Sustratos de origen orgánico:

Fibra de coco (figura 4)

Este sustrato se obtiene a partir de la parte externa del fruto del cocotero, mediante un proceso de trituración, cribado, tamizado, lavado y esterilizado, logrando así una textura adecuada y un nivel de sales aceptable para los cultivos hidropónicos de hoy en día.

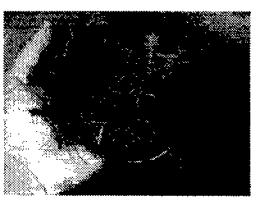
Propiedades físicas:

- Una alta capacidad de retención de agua: permite establecer frecuencias y dosis de riego de manera más exacta. Retienen las soluciones nutritivas por capilaridad y en consecuencia son fácilmente asimilables por las plantas.
- Agua fácilmente disponible: la fibra de coco retiene un 22% de agua disponible, situándose entre el valor óptimo recomendable.
- Agua de reserva: el valor para el agua de reserva de fibra de coco es del 4%, encontrándose también entre el nivel óptimo, el cual está entre 4 y 10%.
- Elevada aireación: el valor de la fibra de coco en cuanto a aireación es de 58% favoreciendo el desarrollo de las raíces.
- Baja densidad aparente: la fibra de coco es un sustrato ligero, siendo una ventaja para el transporte y la manipulación (Valdez, 2010).

Propiedades químicas:

CIC..... 98 meq/100 g

pH..... ..... 5.5 promedio (Urrestarazu 2004).



En la figura 4. Se muestra la presentación de fibra de coco aplicada como sustrato para el crecimiento de pantas bajo condiciones hidropónicas (INFOGARDIN)

Corteza de pino (Figura 5)

Se pueden emplear cortezas de diversas especies vegetales, aunque la más empleada es la de pino, que procede básicamente de la industria maderera. Al ser un material de origen natural posee una gran variabilidad. Las cortezas se emplean en estado fresco (material crudo) o compostadas. Las cortezas crudas pueden provocar problemas de deficiencia de nitrógeno y de fitotoxicidad.

Las propiedades físicas dependen del tamaño de sus partículas, y se recomienda que el 20-40% de dichas partículas sean con un tamaño inferior a los 0.8 mm. Es un sustrato ligero, con una densidad aparente de 0.1 a 0.45 g/cm^3. La porosidad total es superior al 80-85%, la capacidad de retención de agua es de baja a media, siendo su capacidad de aireación muy elevada. El pH varía de medianamente ácido a neutro. La CIC es de 55 meq/100 g. (http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos2.htm)

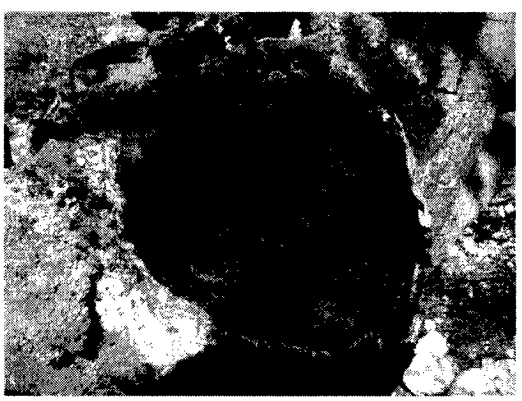


Figura 5.Sustrato de aserrín de madera (INFOJARDIN)

Turba (*Sphagnum* spp.)

Las turbas (figura 6) son restos vegetales en proceso de fosilización y que en la actualidad todos estos minerales llegan a México procedentes de Canadá y Estados Unidos. La turba que más se usa en la horticultura mexicana es la rubia (*Sphagnum* spp.). Este material no presenta salinidad como la fibra de coco, no requiere lavados, pero en forma natural presenta un pH muy acido y debe ser neutralizado mediante la aplicación de carbonato de calcio, actividad que normalmente se realiza antes de su exportación a México. La turba se usa muy poco en la producción de hortalizas en invernadero, su uso está restringido a la producción de plántula. Cuando se emplea en la producción de hortalizas, es en mezclas con un porcentaje muy bajo con el fin de darle capacidad de retención de agua y nutrimentos a los sustratos inertes como el tezontle o arena (Requejo, 2008).

Propiedades Físicas

Da..... 0.4 a 0.8 g/cm^3.

Espacio poroso..... 95 a 97 %.

Capacidad de aireación.....15 a 40 %

Capacidad de retención de agua..55 a 82 %.

Propiedades químicas

CIC..... 100 a 140 meq/100 g

Urrestarazu (2004) menciona que de los tres tipos de turba; turba de musgo, de cañaveral y de humus, la primera es la menos descompuesta y proviene de *Sahagum, Eriophorum* y otros musgos con acidez elevada pH 3.8 a 4.5.

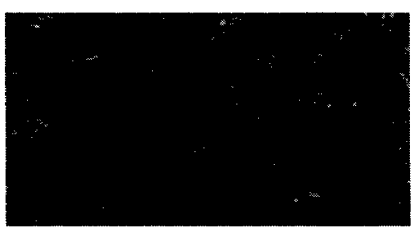


Figura 6. Sustrato turba (Hidrocultivo, 2011)

Sustratos de origen natural

Perlita (figura 7): La perlita se introduce en España unos años más tarde que la lana de roca, aunque su uso ha sido similar. La perlita es un silicato de aluminio de origen volcánico. El material recién sacado se muele y es transformado industrialmente mediante un tratamiento térmico con precalentado a 300-400ºC y depositado en hornos a 1.000ºC (Moreno, 2007). A estas temperaturas. El material se extiende por deshidratación y da lugar a un material granulado, de muy baja densidad aparente, biológicamente estéril y que es apto para ser utilizado en distintos campos de la agricultura y muy especialmente para el cultivo de hortalizas por el sistema denominado hidroponía o cultivo sin suelo (Urrestarazu 1997).

Características químicas

Químicamente inerte con un pH ligeramente alcalino (6.0-8.0)

Características físicas

Cuadro 1 Propiedades físicas del sustrato perlita, muestra el cambio que sus propiedades físicas tienen dependiendo del diámetro de las partículas (Infoagro)

Propiedades físicas	Tamaño de las partículas (mm de diámetro)		
	0-15 (Tipo B-6)	0-5 (Tipo B-12)	3-5 (Tipo A-13)
Densidad aparente (Kg/m3)	50-60	105-125	100-120
Espacio poroso (%)	97,8	94	94,7
Material sólido (% volumen)	2,2	6	5,3
Aire (% volumen)	24,4	37,2	65,7
Agua fácilmente disponible (% volumen)	37,6	24,6	6,9
Agua de reserva (% volumen)	8,5	6,7	2,7
Agua difícilmente disponible (% volumen)	27,3	25,5	19,4

Figura 7. Sustrato hidropónico de perlita. (Enciclopedia hidropónica latina básica, 2011)

Vermiculita

La vermiculita (figura 8) es un mineral micáceo que se expande cuando se calienta en hornos a temperaturas cercanas a los 2000 ° F (1093 ° C). El agua se convierte en vapor, haciendo estallar las capas separadas, formando pequeños poros, como esponja, la temperatura de calefacción da una esterilización completa. Químicamente, es un hidratado de magnesio -aluminio-silicato de hierro. Cuando se expande, es de muy ligero (6 a 10 libras por centímetro cúbico.) es decir 96 a 160 kilogramos por metro cúbico, neutral en la reacción con las propiedades de amortiguación e insoluble en agua.

La vermiculita horticultural se clasifica en cuatro tamaños: No. 1 tiene partículas de 5 a 8 milímetros de diámetro; No. 2, con el grado de horticultura regulares de 2 a 3 milímetros; No. 3 de 1 a 2 milímetros y N º 4, que es más útil como un medio de germinación de semillas, con el diámetro 0.75 a 1 milímetro. La vermiculita no debe ser presionada o compactada cuando está mojada ya que esto va a destruir su estructura porosa deseable.

Características físicas:

Da.....0.050- 0.192 g/cm^3.

Porosidad total..... > 95%.

Capacidad de retención de agua..... <10% vol.

Capacidad de aireación..... > 50 % vol.

Características químicas

pH..... neutro- ligeramente alcalino

CIC.....90- 150 meq/100g

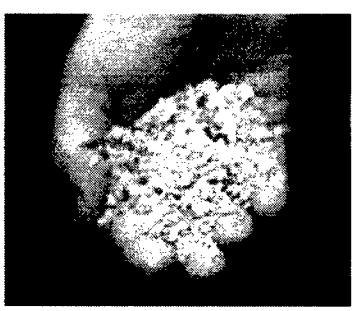


Figura 8. Sustrato de vermiculita (Enciclopedia hidropónica latina básica, 2011).

Lana de roca

El cultivo en lana de roca (Figura 9) tienen su origen en Dinamarca y posteriormente se desplaza a los Países Bajos, donde se desarrollan en la actualidad unas 3.600 ha. En España, su crecimiento de uso ha sido espectacular en los últimos años (Moreno, 2007). Es un producto mineral transformado industrialmente por temperaturas elevadas. Se trata de un silicato de Aluminio (Al^{3+}) con presencia de Ca^{2+} (calcio) y Mg^{2+} (magnesio) y trazas de hierro (Fe^{2+}) y manganeso (Mn^{2+}).

Este sustrato se utiliza principalmente en países europeos como Holanda, Francia, Reino Unido o Dinamarca. Es un material con una porosidad total elevada (superior al 95%), una alta capacidad de retención de agua fácilmente disponible y gran aireación; sin embargo, desde el punto de vista químico, es prácticamente inerte, sin ninguna capacidad tampón, lo que exige un perfecto control de la nutrición hídrica y mineral, por otro lado, presenta el problema de la eliminación de residuos, una vez finalizada su vida útil. En los últimos años sea extendido el rumor de que la lana de roca pudiera ser cancerígena y producir irritaciones en la piel, pero ambos efectos no están demostrados científicamente (Vázquez, 2004).

Propiedades físicas:

Densidad aparente..... 0.08 g /cm3

Porosidad total..... 96%

Capacidad de retención de agua fácilmente disponible..... 30%

Capacidad de aireación..... 35 - 45%

Agua de reserva..... 0.9 %

Propiedades químicas:

Es un material químicamente inerte, con un pH de 5.5-5.8 (Moreno, 2007).

Figura 9. Sustrato hidropónico de lana de roca (enciclopedia hidropónica latina básica, 2011).

Tezontle (roca volcánica)

El tezontle (figura 10) es un material de origen volcánico y es uno de los sustratos más usados en México en los cultivos son suelo, pero es uno de los menos conocidos en cuanto a sus características físicas y químicas. La forma en que se ha venido usando es simplemente tamizándolo por una malla de media pulgada y todo lo que pase por ella se usa directamente en el llenado de las bolsas. La cantidad de sustrato que se usa de tezontle es de 7.5 a15 L por planta. Su costò de adquisición en el centro del país es relativamente bajo ($100 pesos el metro cúbico), sin embargo, en los estados del norte de México en que no son comunes los yacimientos de este sustrato, su precio rebasa fácilmente los $1000 pesos el metro cúbico. Posee una densidad aparente en torno a 1.0 g cm^{-3}. El tamaño granulométrico juega un papel fundamental en el valor de las características físicas. Muestras finas presentan muy baja capacidad de aireación y alta retención de agua (Requejo, 2008).

Características físicas:

Da (g/cm^3) 0.7

Espacio poroso total (volumen en%).....72

Capacidad de aireación (volumen en%).....35

Agua fácilmente disponible (volumen en%).....21

(Castellanos, 2008)

Características químicas:

pH.....neutro

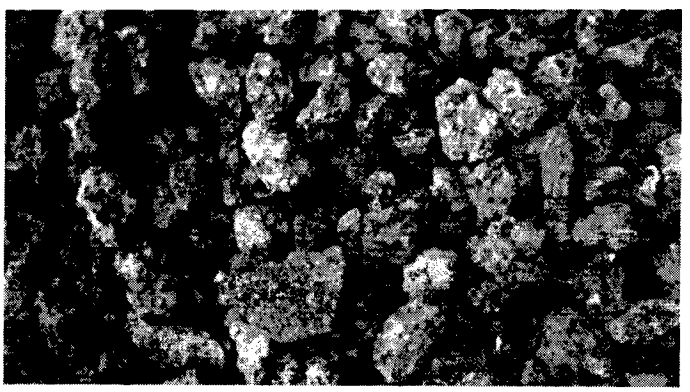


Figura 10 Sustratos de Tezontle (enciclopedia hidropónica latina básica, 2011).

Arenas (figura 11)

Es un material de naturaleza silícea y de composición variable, dependiendo de la roca silícea original. Procede de canteras (granito, gneis, basalto, etc.), o en ríos procedente de depósitos de formación aluvial, más o menos reciente. Las primeras son más homogéneas que las de río. Deben estar exentas de limo y arcilla. Los niveles de carbonato cálcico no deberán ser superiores al 10%. El tamaño de las partículas debe estar comprendido entre 0.02 y 2 mm con una adecuada distribución de los tamaños. Tiene una densidad aparente de 1.5 g /cm^3, un espacio poroso <50%. Con tamaños de partícula inferiores a 0.5 mm, la capacidad de retención de agua es alta. Con los tamaños aconsejados presenta un buen drenaje. Si está exenta de limo, arcilla y carbonato cálcico, es inerte químicamente y presenta una capacidad de intercambio catiónico muy baja < 5 meq/100 g.

Por su gran resistencia mecánica es un sustrato permanente. Presenta un problema de suministro a largo plazo debido al impacto ambiental, principalmente de la procedente de extracciones de ramblas de río (Moreno, 2007).

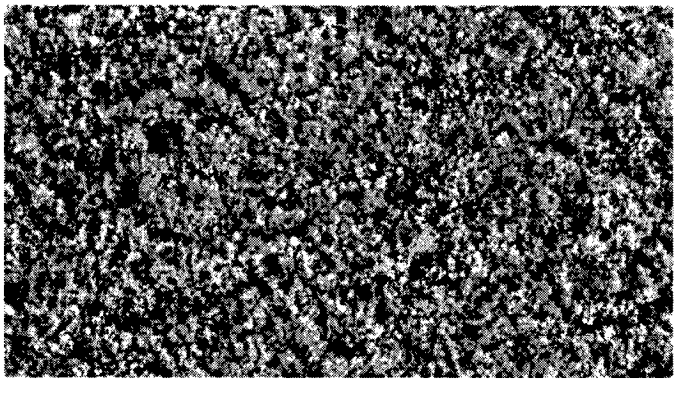


Figura 11 Sustrato de arena. (Hydro. Environment, 2009)

De origen sintético

Polímero (hidrogel)

Hidrogeles (figura 12) o súper absorbentes son polímeros hidrófilos o absorbentes de agua que forman redes tridimensionales, siendo generalmente moléculas orgánicas de cadena larga y elevado peso molecular unidas mediante enlaces transversales entre las cadenas. Al aplicar los polímeros en el sustrato estos aumentan la capacidad de retención del agua en suelo y espacian la frecuencia de riegos. Se recomienda del 0.5 - 1.0 % en relación con el sustrato utilizado (Moreno, 2007).

Figura 12 Sustrato Hidrogel. (Hidrocultivo, 2011)

MEZCLAS DE SUSTRATOS

Formulación de mezclas de sustratos.

Requejo (2008) menciona que La Sociedad Internacional de Ciencias Hortícolas (ISHS) informa que el mercado de sustratos a nivel mundial se ha desarrollado muy rápido en los últimos veinte años, las mezclas basadas en turbas (peat moss) es el material mas usado para mezclas. Señala que en los próximos cinco años deberán ponerse limites al uso extendido de la turba lo que conduce a la búsqueda de otros sustratos alternos ligados a restricciones ambientales y al desarrollo del conocimiento del sistema sustrato-planta-atmosfera para eficientar consumos de agua, fertilizantes, pesticidas, etc.

Las mezclas mas recomendadas de acuerdo con los ensayos hechos en varios lugares de América Latina con más de 20 especies de hortalizas son:

- 50% de cáscara de arroz con 50% de piedra pómez (espuma de lava volcánica):
- 50% de cáscara de arroz, 30% de lava volcánica y 20% de aserrín
- 60% de cáscara de arroz con 40% de arena de rio
- 60% de cáscara de arroz con 40% de lava volcánica.
- 50% de cáscara de arroz, 40% de lava volcánica y 10% de aserrín de madera (blanca o amarilla; no se deben utilizar los aserrines de maderas rojas ni de pino).

En centro América la proporción más utilizada ha sido 50% de piedra pómez, 50% de cascarilla de arroz, aunque también ha dado buenos resultados una mezcla hecha con 50% de cascarilla de arroz, 30% de piedra pómez y 20 % lava volcánica roja o negra (Barbado, 2005).

Componentes para sustratos y su tamaño de Partícula adecuados en cultivos de planta ornamental

La mayoría de los sustratos usados en la producción de plantas ornamentales consisten en una combinación de componentes orgánicos e inorgánicos. Algunos de los materiales inorgánicos comunes incluyen arena, vermiculita, perlita, arcilla calcinada, piedra pómez y otros subproductos minerales. Por otro lado, los componentes orgánicos más populares incluyen: musgo de turba (peat moss), productos de madera (corteza, aserrín, virutas), composta de materia orgánica o desechos de jardinería, polvo de coco, estiércol, paja, cascarilla de arroz y de cacahuete, etc. (Iskander, 2002).

La adición de enmiendas orgánicas a sustratos ayuda a mejorar principalmente sus propiedades físicas y químicas, tales como capacidad de retención de agua, capacidad de aireación, disminución de peso húmedo y mejora en la capacidad de intercambio catiónico. Sin embargo, para que estas mejoras surtan efecto, es necesario que los componentes del sustrato o mezcla tengan un tamaño deseable de partículas (cuadro 3). La mayoría de las partículas en componentes orgánicos como inorgánicos para sustratos deberán encontrarse

entre 0.5 y 4 mm, y con menos del 20% de presencia de partículas más finas que 0.5 mm (Iskander, 2002).

Cuadro 2. Recomendaciones de granulometría para la selección de materiales orgánicos e inorgánicos a usarse en la preparación de sustratos para producción en maceta (Iskander, 2002).

Diámetro de partícula (mm)	Proporción Deseada (% en base a peso)
10 -2	< 20
2- 0.5	> 60 (100% ideal)
< 0.5	< 20

MANEJO DEL SUSTRATO

Importancia del manejo del riego.

- H_2o + Nutrientes, sales y oxigeno.
- Factor crítico (manipulable).
- Influye positiva/ negativamente.
- Manipulación en cierto grado el crecimiento y desarrollo del cultivo.
- Tendencia vegetativa/ generativa.
- Los excesos/ diferencias hídricas acarrean problemas diversos.
- Un régimen de riego equivocado puede causar problemas de balance.(Vazquez, 2006).

Riego

El control del riego de un sustrato será tanto más eficaz cuanto más precisa sea la respuesta a las preguntas ¿Cuándo regar? y ¿Cuánto regar? Las propiedades hídricas del medio poroso -en el que se desarrollan las raíces- informan sobre la evolución de las relaciones aire-agua en el entorno radicular, y sobre la disponibilidad de ambos componentes, lo que va a

marcar el momento del riego y la cantidad de agua a aplicar. Estas propiedades hídricas son consecuencia de las características del espacio poroso (Terés, 2001)

Resh (2006) menciona que la frecuencia de los ciclos de riego depende de la naturaleza de la planta, el estado de desarrollo de la planta, de las condiciones climáticas (invernaderos)- particularmente intensidad lumínica, longitud del día y temperaturas- y del tipo de medio de cultivo. En condiciones de invernadero de alta intensidad lumínica, generalmente acompañada de elevadas temperaturas, especialmente durante los meses de verano, la tasa de evaporación de la planta se incrementa gradualmente, la frecuencia de los ciclos tiene que ser suficiente para impedir cualquier déficit de agua en las plantas entre los ciclos, pero estos tienen que ser lo suficientemente largos para proporcionar un adecuado drenaje del medio, de forma que haya una apropiada oxigenación de las raíces de las plantas.

La retención de agua del medio es un factor a tener en cuenta al determinar la frecuencia y la duración de riego. Los medios más finos, como la turba, espuma o lana de roca, retendrá más humedad que los más gruesos, como el aserrín, perlita, vermiculita, arena o grava.

Uso de la bandeja de drenaje

Cuando se usan los sustratos como medios de cultivo, se pueden instalar los dispositivos denominados: bandeja de drenaje para definir la demanda de riego de los cultivos. Estos dispositivos se basan en medir el volumen de agua de entrada en la bandeja y el volumen de salida de drenaje, y por diferencia se puede calcular la cantidad de agua que consumió el cultivo (castellanos, 2010).

VENTAJAS DEL CULTIVO SIN SUELO SON:

a) Se obtiene una óptima relación aire/agua en el sistema radicular de la planta, favoreciendo por tanto el desarrollo del cultivo.

b) La nutrición está más controlada que en los sistemas de cultivo en suelo, puesto que no existen interacciones entre el sustrato y la solución nutritiva.

c) En sistemas cerrados, en donde el drenaje es reutilizado, se puede conseguir un ahorro de agua y fertilizantes.

d) Se pueden emplear sustratos distintos a los comercialmente conocidos y procedentes de residuos, como la paja de cereales, la fibra de coco, ladrillo triturado, fibra de madera, residuo de la industria del corcho, etc.

e) Mayor control en enfermedades y ahorro de productos químicos para el control de las mismas.

f) se reduce la mano de obra para manejo del cultivo.

g) los cultivos obtienen una mayor precocidad y calidad

h) No existe la competencia por nutrientes, ya sea por plantas voluntarias o por microorganismos de suelo.

j) Las raíces se desarrollan en mejores condiciones de crecimiento (Glisanz 2007).

DESVENTAJAS DEL CULTIVO SIN SUELO SON:

a) En las instalaciones donde se trabaja a solución perdida, el sistema puede ser contaminante, cuando se evacuan los drenajes al suelo ó a una fosa.

b) En sustrato se da una menor inercia térmica que en el suelo y los cultivos están más expuestos a los posibles cambios de temperatura ambiental.

c) Requiere de un conocimiento técnico para un mejor funcionamiento

d) Costo inicial alto

e) Desbalances nutricionales causan inmediato efecto en el cultivo.

f) Se requiere agua de buena calidad, libre de contaminantes y de excesivas sales, con un pH cercano a la neutralidad (Baixauil *et al.,* 2002).

ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

Distintas investigaciones surgen en la búsqueda de nuevos materiales para uso de producción de cultivos, Ojodeagua (2008) compara la eficiencia del suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. Donde determinaron el rendimiento comercial, la eficiencia en el uso de agua (EUA) y de nutrimentos del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. Cv. 'Gironda').

Se evaluaron dos sustratos de producción hortícola (Cuadro 3): suelo y tezontle con diferente granulometría. El suelo es de textura franca con 49 % de arena, 20% de arcilla y 30% de limo. Se uso tezontle de color negro y rojo; el negro se cribo para obtener dos tamaños de partículas: (grueso G:>2 y<12.5mm y fino F:< 2mm) de las cuales se tomaron las siguientes proporciones (en volumen) para su mezcla y uso:

a) 25% fino mas 75% grueso (Tratamiento TN 25/75)
b) 75% fino más 25% grueso (tratamiento TN 75/25)

El rojo (tratamiento TR) se cribo solamente para eliminar los tamaños de partículas grandes (>20mm de diámetro)

Cuadro 3 caracterización física de los tratamientos de tezontle empleados durante el ciclo del tomate.

Tratamientos	Densidad aparente (g cm^{-3})	Densidad real (g cm^{-3})	Porosidad de aireación (%)	Capacidad de retención de agua (%)	Espacio poroso total (%)	Índice de grosor (%)
*TN F25/G75	0.61	2.45	39.2	27.9	74.7	81
TN F75/G25	0.75	2.18	17.4	43.9	65.6	57
TR	1.33	2.80	19.9	35.0	52.6	77
Valor sugerido**	< 0.80	-----	30-50	30-40	> 65	-----

*T = Tezontle; N = Negro; F = Fino; G = Grueso; R = Rojo.
**Castellanos J Z y P Vargas-Tapia (2007) Investigadores del área de horticultura protegida y sustratos del INFAP. Comunicación personal.

El rendimiento comercial del tomate no presentó diferencia significativa entre ambos sustratos, en la etapa vegetativa no hubo diferencia significativa en la concentración de nitrógeno en tejido vegetal, mientras que en la etapa reproductiva se registro la mayor concentración de N en suelo que en tezontle. Respecto al manejo de riego (Cuadro 4) la cantidad de agua total aplicada a los tratamientos de tezontle fluctuó de 1055 a 1152 L m^{-2}, con un drenaje de 31 a 38% del riego total aplicado. El agua consumida (volumen suministrado menos drenaje) por el cultivo fue de 675,706 y 790 L m^{-2} de agua, con un

rendimiento de 33.3 kg m^{-2}. El tratamiento de suelo recibió 801 L m^{-2} en total que representó un ahorro de 24 a 30% de agua en relación con la suministrada a los tratamientos de tezontle.

Cuadro 4 suministro de riego total y por día, perdidas por drenaje, consumo y eficiencia en el uso de agua en tomate cv 'Gironda' crecido en suelo y tezontle.

Tratamiento	Riego total ($L\ m^{-2}$)	Riego promedio	Drenaje	Drenaje	Consumo de agua[++]	EUA[I]
		($L\ m^{-2}\ d^{-1}$)		(%)	($L\ m^{-2}\ d^{-1}$)	($kg\ m^{-3}$)
Suelo	801	3.2	---	---	3.2	43 a[1]
[T]TN 25/75	1055	5.0	1.8	36	3.2	29 b
TN 75/25	1138	5.4	2.1	38	3.4	29 b
TR	1151	5.5	1.7	31	3.8	27 b
DMS[1]						4.7

[1]Medias con la misma letra por columna son estadísticamente iguales (DMS, 0.05). [T] T = Tezontle; N = Negro; R = Rojo. [++]Consumo de agua = Volumen de riego - volumen de drenaje. [I]EUA = Eficiencia en el uso de agua.

Alternativas de nuevos materiales para uso de sustratos

Velasco y colaboradores (2004) reportan la evaluación de tres materiales como sustrato para la producción de jitomate, en la comunidad de San Miguel Tulancingo, ubicado en la región Mixteca Alta del estado de Oaxaca son de fácil acceso. Los materiales que se utilizaron como sustratos fueron: arena de rio, lama y cascajo. El material de "lama" se define como la mezcla de partículas de arena con material orgánica y fue obtenida en los sitios de azolve en las partes bajas de los ríos. Los tres materiales fueron cribados con una malla para descartar partículas que rebasaran los 2.0 mm de diámetro. A los tres materiales se les determinaron algunas propiedades físicas como sustratos, tales como espacio poroso total, capacidad de aireación y retención de agua.

Las propiedades físicas de los materiales evaluados (Cuadro 5) La lama es el material que mostro una mejor tendencia en el espacio poroso, así como mayor retención de agua en comparación con la arena y cascajo, pero la lama presenta un bajo porcentaje en su capacidad de aireación. Por lo tanto podemos especular que la lama puede contener cierta cantidad de materia orgánica o algún material que haga posible que retenga más agua que los otros dos sustratos evaluados.

Cuadro 5 propiedades físicas de tres sustratos en el desarrollo de variedades de jitomate hidropónico e invernadero.

Propiedad Física del Sustrato	Sustrato		
	Arena	Cascajo	Lama
Espacio poroso total (%)	40.77	42.6	44.05
Capacidad de aireación (%)	16.79	35.52	8.25
Agua retenida (%)	23.98	6.54	35.8

Respecto al desarrollo vegetativo (Cuadro 6) y reproductivo de las variedades de jitomate, la longitud de la quinta hoja a partir del nivel del suelo estadísticamente fue igual en los sustratos de arena y lama, con una medición de 30.67 y 31.52 cm respectivamente, la longitud de la planta en cascajo fue de 28.26 cm. Para las variables de días de floración, número total de hojas por planta y número de racimos por planta no hubo diferencias significativas entre los tres materiales evaluados. Respecto al número de frutos por racimo amarrados por planta desarrollados en los tres sustratos, en arena y lama son estadísticamente iguales considerados éstos, desde el punto de vista estadístico, superiores a los frutos amarrados en las plantas que se desarrollaron en cascajo.

Cuadro 6 Número de racimos por planta, frutos por racimo y frutos por planta como efecto de tres sustratos utilizados en hidroponía bajo invernadero.

Sustrato	Racimos por planta	Frutos por racimo	Frutos por planta
Arena	5.00(±0.19)[z] a[y]	3.83(±0.14) a	19.34(±0.83) a
Cascajo	5.20(±0.24) a	3.16(±0.12) b	16.06(±0.60) b
Lama	5.06(±0.18) a	3.60(±0.11) a	18.31(±0.93) ab

[z]Error estándar.
[y]Valores con la misma letra por columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

Los materiales que mostraron mejor resultados como sustratos para el desarrollo de plantas de jitomate en hidroponía e invernadero fueron la arena y la lama, ya que

presentaron los buenos resultados en cuanto a tamaño de frutos y producción; la arena presenta mejores características físicas en la capacidad de aireación y retención de agua.
El sustrato denominado cascajo, presenta excelente porosidad, sin embargo, muy baja retención de humedad, por lo que en el caso de utilizarse como sustrato, seguramente los riegos tendrán que ser más frecuentes aunque de menor duración.

La investigación de nuevos materiales para formular sustratos que sirvan como medio de crecimiento vegetal se ha transformado en una actividad fundamental, Zapata y colaboradores (2005) utilizaron Corteza de pino (*Pinus pinea* L.) compostada, sola y en mezcla al 15 y 30% con compost de residuos sólidos urbanos (RU), compost de lodo (LC) de aguas residuales urbanas, y lodo granulado (LT) deshidratado de aguas residuales urbanas, las cuales fueron evaluados como sustratos de cultivo. Para estos efectos se estudiaron sus propiedades químicas físicas hidrofísicas y fitotóxicas, además del potencial contaminante de sus lixiviados.

No se detectaron diferencias en el contenido de materia orgánica, en cambio la relación C/N se redujo de manera importante y particularmente con la adición de LT, debido a su alto contenido de N. La mezcla de corteza de pino compostada con los diferentes residuos orgánicos incrementó consistentemente la CE del sustrato, en particular con la adición de residuos sólidos urbanos y lodo granulado se superó el nivel óptimo, como consecuencia podrían perjudicar el desarrollo vegetal.

Las evaluaciones efectuadas permiten señalar que los materiales más adecuados para la formulación de sustratos para cultivo fueron el lodo compostado en ambas proporciones estudiadas (15 y 30%) y el compost de residuos urbanos al 15%, pero debido al elevado contenido de nitrógeno y su deficiente comportamiento hidrofísico no es recomendable emplear lodo granulado como componente de sustratos en estas proporciones.

AREAS DE OPORTUNIDAD

Las distintas técnicas hidropónicas pueden ser de alta tecnología en producción a nivel industrial, pero también permitir la producción de alimentos en lugares pequeños, lo cual permite la producción para autoconsumo en zonas urbanas o pequeñas superficies con la tecnología hidropónica básica.

La adopción de las técnicas hidropónicas para la producción de alimentos va en aumento gracias al aumento en producción y calidad en menor área de cultivo. Lo anterior crea una explotación de los materiales que ya están consolidados en el mercado, poniendo en peligro la estabilidad ecológica y ambiental dependiendo de el origen del sustrato. Esto nos abre puertas en el campo de la investigación a la búsqueda de nuevos materiales y sistemas que mejoren la producción en hidroponía.

CONCLUSION

En el presente trabajo se determino que el aporte de los sustratos en la producción de alimentos es favorable independientemente si sea un sustrato orgánico, natural o sintético ya que tiene algunas ventajas en comparación con los cultivos en suelo, no existe un sustrato ideal puesto que cada uno tiene diferentes propiedades químicas y físicas así como los requerimientos de cada cultivo son diferentes, pero podemos acercarnos a optimizar las propiedades con la mezcla de dos o más sustratos combinando así sus características fisicoquímicas, considerando los requerimientos del cultivo a establecer y proporcionándole a la planta una mejor condición. La FAO (2002) menciona las características que considera ideales en un sustrato, tomando en cuenta la CIC la cual tiene una importancia mayor cuando el sustrato empelado es de origen orgánico, debido a lo anterior sería recomendable utilizar sustratos de origen natural o sintéticos que tengan características químicas inertes en sistemas hidropónicos para evitar problemas con la nutrición debido a la descomposición que presentan los sustratos de origen orgánico, si se tiene un conocimiento respecto a sus características tanto físicas como químicas del sustrato y/o mezclas se podrá tener un mejor manejo agronómico del cultivo respecto a la cantidad y frecuencias de riegos, plaguicidas y fertilizantes reduciendo y facilitando el control de plagas y enfermedades debido a que los sustratos deben estar libres de patógenos, colaborando así con el medio ambiente y evitando contaminación de los mantos acuíferos debido a la lixiviación que se presenta con mayor frecuencia en los cultivos en suelo.

NOMENCLATURA

%: Porciento

Al: aluminio

B: boro

°C: grados centígrados

Ca: calcio

cm: centímetros

cm^3: centímetros cúbicos

CIC: Capacidad de intercambio cationico

Cl: Cloro

CO_2: Dióxido de carbono

CRA: capacidad de retención de agua

Cu: cobre

DA: densidad aparente

°F: grados Fahrenheit

Fe: hierro

g: gramos

g/cm^3: gramos sobre centímetro cubico

ha: hectáreas

K: potasio

L: litro

meq/100g: miliequivalentes por 100 gramos

Mg: magnesio

mm: milímetros

Mn: manganeso

mS/cm: Milisiemens por centímetro

N: nitrógeno

Na: Sodio

NFT: Nutrient Film Technique

P: fosforo

PA: porosidad de aireación

pH: potencial hidrogeno

ppm: partes por millón

Pss: peso de suelo en base seca

PT: porosidad total

SNR: solución nutritiva recirculante

V: volumen

Zn: zinc

BIBLIOGRAFIA

- Castellanos, J.Z., 2008. Cátedra cajamara de economía y agroalimentación Universidad de Almería, 2° diplomado internacional en horticultura protegida, El cultivo en tezontle, intagri.
- Castellanos J.Z.,2010, MANUAL DE PRODUCCION DE TOMATE EN INVERNADERO, intagri.
- Barbado J.L., 2005, HIDROPONIA, Editorial ALBATROS SACI. Buenos Aires Argentina.
- Baixauil S.C., Aguilar O. J.M.Serie, 2002, divulgación técnica "Cultivo sin Suelo de Hortalizas" aspectos prácticos y experiencias, Editorial GENERALITAT VALENCIANA España.
- Galdeano S.J., Uribarri A., Sádaba S., Aguado G., Castillo J., 2003, Aspectos a consideraren una instalación de: CULTIVO H, IDROPÓNICO, itg agrícola navarra agraria.
- Glisanz C.J., 2007 HIDROPONIA instituto nacional de investigación agropecuaria editado: unidad de comunicación de trasferencia de tecnología monte video Uruguay.
- FAO, 2002, El cultivo protegido en clima mediterráneo Estudio FAO PRODUCCION Y PROTECCION VEGETAL, Manual preparado por el grupo de cultivos hortícolas Dirección de producción vegetal, Roma.
- Gert V.D. Eng., 2010. Ecogrow Hydroponics Successful Hydroponics 21th century technology for commercial and home applications acomprehesive practical guide to scientifically based hydroponic corp production feed the plants, not the soil!
- IVIA (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias), 1997, Valencia, España Conferencia internacional en Hidroponía Comercial. Lima, Perú.
- Iskander C.R., 2002, Manejo de sustratos para la producción de plantas ornamentales en maceta, Departament of Horticultural Sciences Texas A&M University.

- Moreno N. R., 2007, Manual de producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el calle de Mexicali, baja california. Fundación produce, gobierno de Baja California, México.
- Langlais C., Ryckewaert P., 2002, Guía de los cultivos protegidos de hortalizas en zona tropical húmeda, Francia, editorial Cirad.
- Pérez C.C.A., 2008, Uso de sustratos orgánicos en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones protegidas, Tesis de licenciatura, Villahermosa, Tabasco.
- Resh, H.M., 1992, Cultivos hidropónicos, Ed. Mundi-Prensa.
- Resh, H.M.,2006, Cultivos hidropónicos, Ed. Mundi-Prensa 5ª edición
- Samperio R.G., 1997, Hidroponía Básica el cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra. Editorial DIANA MEXICO PP.: 46
- Terés T. V., 2001, Relaciones aire-agua en sustratos de cultivo como base para el control de riego. Metodología de laboratorio y modelización, Tesis de Doctorado, Universidad politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos Departamentos de Producción Vegetal, Fitotecnia.
- Urrestarazu G.M., 1997, Tratado de cultivo sin suelo. España Editorial Mundi-Prensa.
- Urrestarazu G.M., 2004, Tratado de cultivo sin suelo. España Editorial Mundi-Prensa. 3ª edición.
- Valdez H.M.A., 2010, Selección de genotipos de tomate (*solanum lycopersicum L.)* por su rendimiento y calidad de fruto bajo condiciones de hidroponía en invernadero. Tesis de licenciatura, Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Vazquez G. V., 2006, Manejo del riego y balance del crecimiento en invernaderos de estructura media. INTAGRI
- Vázquez P. R., 2004. Producción de tomate bola (*Licopersicon esculentum, Mill)* bajo diferentes sustratos hidropónicos. Tesis de licenciatura Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Velasco H. E., Miranda V.I., Nieto A.R., Villegas R. H., 2004, Evaluación de sustratos y variedades en la producción protegida de jitomate. Revista Chapingo serie Horticultura. Vol. 10 N° 2
- Requejo L.R., 2008, Acondicionamiento nutricional de plántulas y optimización de sustratos en tomate (*Licopersicon esculentum Mill.)* Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Zapata N., Guerrero F., Polo A., 2005, Evaluación de corteza de pino y residuos urbanos como componentes de sustratos de cultivo. Agricultura técnica versión impresa ISSN 0365-2807 Vol. 65 N° 4.

Consultas en Internet

- INFOJARDIN, Copyright © 2002-2011, Jardinería, flores y jardín, Disponible en: http://www.infojardin.com/ Fecha de consulta: 20 de junio 2011
- Enciclopedia hidropónica latina básica, 2011- sustratos Disponible en: http://www.avas.org.ar/hidro/enciclopedia_hidroponica_latina_enciclopedia_p028.htm fecha de consulta: 20 de junio 2011
- InfoAgro.com. Copyright Infoagro Systems, Tipos de sustratos de cultivo. Disponible en http://www.infoagro.com, Fecha de consulta: 20 de junio 2011
- Hidrocultivo, 2011, Productos para el campo. Disponible en http://www.hidrocultivo.com.mx . Fecha de consulta: 20 de junio 2011
- Hydro. Environment, Productos para la Hidroponía, 2009. Disponible en http://www.hydroenvironment.com.mx/. Fecha de consulta: el 18 de junio 2011