

I. - INTRODUCCION

Los datos más recientes estiman que la superficie de tomate se ha incrementado hasta cerca de 110,000 hectáreas y que el volumen de la producción alcanza un millón de toneladas anuales.

Cada vez es más notorio el avance de las técnicas de transplante para obtener un rendimiento específico en tamaño y precocidad (Padilla, 1996).

El panorama de ajuste económico y las oportunidades del TLC, han obligado a los productores de hortalizas a utilizar sus recursos con mayor eficiencia, implementando para ello, modernos sistemas de producción. Con el apoyo de nuevas tecnologías agrícolas, que se están implantando a gran velocidad, se han podido obtener incrementos de producción por unidad de superficie y también han mejorado la calidad comercial de los productos.

Sin embargo, el desarrollo de las tecnologías y las ventajas de utilizar los sistemas de riego por goteo,

acolchado plástico y la fertirrigación exigen una mayor eficiencia en el conocimiento de la nutrición de las plantas con respecto a su medio ambiente (Productores de Hortalizas, Julio 1996).

OBJETIVOS:

Encontrar una solución nutritiva que incremente la calidad de plántula en tomate.

Determinar la influencia de la calidad de plántula sobre el desarrollo y rendimiento de tomate.

Determinar las condiciones fisico-químicas ideales de una solución nutritiva para producción de plántula bajo condiciones de invernadero

HIPOTESIS

Para el presente trabajo se asume que al utilizar las soluciones nutritivas se obtendrán plántulas de buena calidad y por consiguiente mejores rendimientos así como frutos de calidad.

II.-REVISIÓN DE LITERATURA

Calidad de Plántula

Más del 90% de los cultivos agrícolas son propagados por semillas y ellas son los portadores primarios de los recursos genéticos y de los nutrientes para el primer estadio de crecimiento. Si bien es básico contar con un potencial genético adecuado, (de lo cual se ocupan las empresas productoras de semillas), es igualmente básico suministrarle a la semilla las condiciones óptimas para la expresión máxima de ese potencial (Wageningen, 1994).

En cierta forma las plantas domesticadas guardan mucho parecido con los seres humanos en cuanto a que requieren de muchos cuidados y protección en la etapa temprana de sus vidas, y justamente como el bebe, el entorno ambiental en sus primeros días desempeña un papel crucial en su desarrollo como persona, el ambiente temprano que rodea al cultivo es de vital importancia y determinará si la planta habrá de desarrollarse en toda su potencialidad (Ennis, 1997).

El éxito de un cultivo depende esencialmente de su instalación en el lugar definitivo, por lo que debe utilizarse material vegetativo de buena calidad, es decir, morfológicamente bien desarrollado.

Sin duda alguna, un buen comienzo en la semilla de un híbrido es el máximo aprovechamiento del potencial productivo que brindan las condiciones existentes en el interior del invernadero (Mojarro, 1997).

La respuesta del transplante depende de varios factores, principalmente de la especie y del estado de desarrollo de la planta y específicamente de la relación entre el área foliar y la longitud y grado de suberización de las raíces y de las condiciones ambientales tras la plantación (Rosa, 1996).

Es bien conocido que para lograr la mejor producción de un cultivo, las plantas deben manifestar una expresión vegetativa máxima, y con esas miras para conseguir la mayor capacidad productiva, es por lo que artificialmente se proveen los factores necesarios para el desarrollo máximo del potencial productivo de la planta.

La temperatura de producción de la planta de tomate en semillero tiene una alta influencia demostrada en la inducción floral y cuajado de los primeros frutos y por lo tanto precocidad en la cosecha, cuando dicha producción tiene lugar a una temperatura superior en todo momento a los 11°C (Bretones, 1995).

Las diversas técnicas de realización del transplante pueden influir en el comportamiento de la planta en terreno definitivo, afectando a su crecimiento y desarrollo. La edad (Las plántulas de coliflor de mayor edad proporciona cabezas de menor peso), el tamaño de la plántula, su nutrición, el tamaño de su contenedor, etc., pueden afectar el tamaño de la cabeza en su maduración (Fernández, 1995).

Medios de Cultivo y Producción de Plántulas en Invernadero

En la actualidad la mayor parte de los invernaderos tienen tierra artificial. En ocasiones se le denomina barro; Según los productores, sustrato; Las universidades, tierra para las macetas; Horticultores domésticos, mezcla de crecimiento; Operadores de invernaderos, pero medio de cultivo, sigue siendo la designación más popular.

El medio de cultivo es un complejo sistema de intercambio de aire, agua y nutrientes para el sistema radicular de la planta. Los medios de cultivo consisten en componentes sólidos y componentes menos costosos que el agricultor proporciona agua y gas (aire). En una charola o maceta podemos ver cada uno de estos componentes o fases: fase líquida, solución de agua/fertilizante; fase gaseosa, oxígeno/dióxido de carbono y fase sólida, componentes de los medios de cultivo.

La clave para lograr un buen cultivo es el manejo adecuado de la fase líquida y gaseosa. Estas inician con la selección adecuada de los componentes sólidos.

Aún después de la selección del medio adecuado, existen otros factores que pueden afectar el rendimiento de los medios de cultivo en el nivel de crecimiento. El pH del medio de crecimiento recibe la influencia de la calidad de agua y selección de fertilizante.

La calidad del agua se ha convertido en un asunto clave en los años 90. Dependiendo de su origen, el pH y contenido mineral del agua pueden variar.

Es recomendable analizar el agua de manera periódica a fin de determinar su contenido de nutrientes. Basándose en el análisis, se puede determinar cual es la opción adecuada de fertilizante, de acuerdo con lo siguiente:

- . Tipo de planta cultivada
- . Etapa de desarrollo
- . Contenido de nutrientes en el agua (para la aplicación de la cantidad adecuada de fertilizante) (Woodward, 1995).

Transplantes

Las hortalizas se pueden enmarcar en dos grandes grupos, relativos a su implantación. Un grupo en el que se recurre normalmente al transplante, como el caso de solanáceas (tomate, chile y berenjena), y de las brassicas (todas las coles en general), la lechuga, las cucurbitáceas (sandía y melón) y finalmente la cebolla. Un segundo grupo, lo constituyen las restantes plantas, para las que el proceso normal es la siembra directa en el lugar definitivo (Rosa, 1996).

Los productores deben de procurar los trasplantes de tallo grueso y recto con hojas bien desarrolladas, que no esten ni enchinadas ni fruncidas. El enchinamiento de las hoja puede indicar que la planta ha sido sometida a restricción de agua para controlar su crecimiento en el invernadero, lo cual puede retrasar su establecimiento en campo. El fruncido de las hojas en trasplantes de chile o de tomate puede indicar que han sido expuestos a temperaturas de congelación que tambien pueden reducir el desarrollo temprano (Garton, 1995).

Las raíces deben ser blancas, gruesas y deben llenar el cepellón desde la superficie hasta el fondo. Las raíces deben estar decoloradas y si no se extienden hasta el fondo del cepellón ello, puede, deberse a que las plantas han sido sujetas a humedad restringida lo cual podría retrasar el enraizado en el campo (Garton, 1995).

Ventajas de los Transplantes

El buen manejo de los trasplantes, significa la primera oportunidad para elevar el rendimiento y la calidad. Sin ir muy lejos, se puede decir que la característica más

importante de los trasplantes, es que nos permiten verificar el potencial productivo, que se mide por el porcentaje de germinación y la ausencia de enfermedades fungosas o virales.

Adicionalmente, los trasplantes nos facilitan el manejo de la densidad y sirven también para regular el crecimiento herbáceo en las primeras etapas del cultivo, el cual no deberá ser excesivo.

Otra ventaja de los trasplantes, es que se puede aplicar soluciones especiales para proteger las raíces y al mismo tiempo, se pueden modificar las condiciones climáticas en el interior del invernadero, para darle a los tejidos de la planta una mayor resistencia, que le ayude a tolerar los cambios de temperatura en el momento de la transición (Mojarro, 1997).

Desventajas de Transplantes de Almácigo

Este sistema permite una siembra rápida y por lo consiguiente, con reducidos costos, pero tiene varios inconvenientes, algunos de los cuales valdrá la pena citar:

- Gasto de semillas, sobre todo cuando se trata de híbridos de coste elevado.
- Dificultad para crear las condiciones del medio para una germinación y emergencia homogéneas.
- La alimentación al transplantar con raíz desnuda. Al arrancar la planta, se destruye en parte el sistema radicular, que tiene como consecuencia una crisis a causa del transplante que a veces se prolonga 15 días, atrasando el crecimiento y desarrollo de las plantas y originando eventualmente fallos en la implantación del cultivo (Rosa, 1996).

Necesidades Hidricas en la Planta

El factor clave del manejo de charolas de transplante es asegurarse de que el medio de la charola no se seque excesivamente. Si esto sucede, las raíces en el exterior de la charola se dañarán y el recrecimiento será lento (Garton, 1995).

La absorción de agua por las raíces es un efecto activo. La planta necesita consumir energía proporcionada por la oxidación de sustancias de reserva (azúcares, almidones, etc) para tomar el agua que necesita, venciendo

las fuerzas que se oponen a este proceso (gravimétricas, capilares y osmóticas). Cuanto menores sean las fuerzas a vencer, menos energía necesitara la planta para esta función y mayor la que podrá dedicar a los procesos productivos (Lopez, 1996).

Mantenga la humedad adecuada en el medio de cultivo. En la charola, este medio debe tener un 80% de humedad. Si usted aprieta un puñado de este medio, deben escapar tres o cuatro gotas de agua (Productores de Hortalizas, Enero 1995).

El agua es indispensable a las plantas e interviene en todos los procesos necesarios en la vida del vegetal. La influencia de la irrigación sobre la calidad de la cosecha es muy compleja pues el agua interviene en todos los procesos bioquímicos y existiendo numerosas interacciones entre la alimentación en agua y la nutrición mineral (Burgeño, 1992).

El agua es el componente químico más abundante en las plantas, pues en los tejidos activos llega a constituir entre el 80-95 % en peso, siendo por lo tanto el factor de producción que en nuestro medio condiciona el crecimiento

de las plantas debido a la enorme cantidad de funciones que realiza (Abad, 1991).

Funciones del Agua en la Planta

La planta utiliza el agua para cuatro principales fines o funciones:

1. Para refrigerarse, evaporándola por las hojas.
2. Como medio de capitación y transporte de elementos.
3. Como componente de su organismo (savia, soluciones celulares, etc).
4. Como integrante del proceso fotosintético (Lopez, 1991).

La importancia del agua puede resumirse indicando sus funciones más importantes, las que se reunirán bajo cuatro encabezados generales.

Elemento esencial del protoplasma.

El agua es tan importante cuantitativa como cualitativamente, ya que constituye de 80 a 90 por ciento del peso fresco de la mayoría de las partes de plantas

herbáceas y mas del 50 por ciento del peso fresco de las plantas leñosas. El agua es una parte tan importante del protoplasma como las moléculas proteínicas que constituyen la armazón protoplásmica, y una reducción del contenido hídrico por debajo de cierto nivel se acompaña de cambios en la estructura y, finalmente, de la muerte (Kramer, 1974).

Disolvente

Una segunda funcion del agua en las plantas es la de disolvente en el cual gases, minerales y demás solutos penetran en las células vegetales y pasan de una célula a otra y de un órgano a otro (Kramer, 1974).

Reactivo

El agua es el reactivo de muchos procesos importantes, incluyendo la fotosíntesis y procesos hidrolíticos tales como la hidrólisis del almidón en azúcar. Es tan esencial en este papel como el bióxido o el nitrato de carbono (Kramer, 1974).

Mantenimiento de la turgencia

Otro papel esencial del agua es el de conservar la turgencia, tan esencial para el ensanchamiento y el crecimiento de las células y el mantenimiento de la forma de las plantas herbáceas. Una cantidad de agua insuficiente para conservar la turgencia, tiene por resultado una reducción inmediata del crecimiento vegetativo (Kramer, 1974).

Relaciones Hídricas

Menos del 1% del agua absorbida por las raíces es retenida por la planta. Existe pues un flujo continuo a través de ella, integrando a cada instante las modificaciones endógenas (regulación estomática) y exógenas (alternancia día noche, humedad del aire y del suelo, temperatura...), lo que provoca variaciones en el estado de hidratación de los tejidos. Los procesos vitales son muy sensibles a estas variaciones, aun siendo estas muy pequeñas (Burgeño, 1992).

Consumo de Agua por las Plantas.

El consumo de agua varia según el estadio fenológico de la planta y las condiciones ambientales existentes. Las variaciones ocasionadas por el primero son lentas y continuas, mientras los cambios en los factores ambientales (luz, temperatura, H.R., etc) pueden ocasionar bruscas alteraciones en muy poco tiempo. Para facilitar la toma de agua por la planta podemos actuar sobre las fuerzas de retención, osmóticas y capilares disminuyendo en todo lo posible la salinidad y la fuerza de retención del agua (Lopez, 1991).

Estrés Hídrico

La sensibilidad de los híbridos al estrés hídrico es muy notoria. Tanto en el caso del tomate, como en el chile y los pimientos, las aportaciones de humedad deberán regularse y mantenerse de una forma constante (Mojarro, 1997).

El crecimiento de las plantas está controlado por los coeficientes de división y ensanchamiento de las células y por el abastecimiento de componentes orgánicos o

inorgánicos necesarios para la síntesis de protoplasma y paredes celulares nuevos. El ensanchamiento de la célula depende especialmente de, por lo menos, un grado mínimo de turgencia, y el alargamiento del tallo y la hoja es controlado o detenido rápidamente por déficits de agua.

La disminución del agua contenida reduce invariablemente el coeficiente de fotosíntesis y generalmente también la tasa de respiración. En resumen, la disminución del contenido hídrico se acompaña de pérdida de turgencia y angostamiento, cese de ensanchamiento de la célula, cierre de los estomas, reducción de la fotosíntesis e interferencia con muchos procesos metabólicos básicos. Finalmente, la deshidratación prolongada causa desorganización del protoplasma y la muerte de la parte de los organismos (Kramer, 1974).

Transpiración

La transpiración es la verdaderamente importante y podría decirse que es un mal inevitable, debido a la necesidad que tienen las plantas de realizar el intercambio gaseoso CO_2 y O_2 en una atmósfera de bajo potencial hídrico.

Asimismo juega un papel muy importante en la refrigeración de la hoja, y además, la transpiración sirve para concentrar los nutrientes que la planta toma por la raíz, como también es el factor esencial en la absorción del agua por el xilema al tiempo que es fundamental en la distribución de los nutrientes en la planta.

Cuadro 2.1. Sensibilidad general de algunos procesos y parametros metabolicos al estrés hídrico.

	Sensibilidad al Estrés			Observaciones
	Muy sensible Relativamente insensible			
	Reduccion requerida Ψ del tejido para afectar el proceso			
	0 bar	10 bar	20 bars	
Crecimiento celular				Hojas etioladas
Sintesis completa				
Sintesis de proteina				
Formación de clorofila				
Nivel nitrato reductasa				
Acumulación de ABA				Depende de especie
Nivel de Citocininas				
Apertura estomatica				
Asimilacion de CO ₂				
Respiracion				

Acumulacion Prolina Acumulacion de azucar		
--	--	--

(Burgeño, 1992).

Factores que Afectan la Transpiración

Del agua absorbida por la planta, la mayor parte se pierde en forma de vapor de agua y a este fenómeno se le conoce como transpiración. Del resto, una pequeña parte es retenida para cubrir las necesidades de crecimiento de las partes jóvenes de la planta y engrosar frutos, otra parte mas pequeña se utiliza en la fotosíntesis y otra empleada en la necesidad de contribuir como medio dispersante y transporte en la planta. Siendo la transpiración el fenómeno mas importante de la perdida de agua en las plantas, puede ser afectado este fenómeno por otros factores que son :

Humedad Atmosférica

Si aumenta la humedad atmosférica, disminuye la transpiración. La humedad atmosférica favorece la mayor apertura estomática, con lo que en cierto modo podría incrementar la transpiración. De estos efectos siempre predomina el primero, y en realidad disminuye la velocidad de transpiración, favoreciendo en cambio la entrada de CO_2 para la fotosíntesis.

Humedad en el Entorno a las Raíces

A mayor humedad en el entorno radicular mas absorción de agua con lo que, al estar mas turgente la célula oclusiva del estoma, este queda más abierto y por ende, más transpiración e intercambio gaseoso.

Concentración de CO_2

A mayor concentración de CO_2 , menor abertura estomática y menor transpiración. En invernaderos se ha logrado triplicar la cosecha elevando artificialmente el CO_2 hasta el 0.1%.

Luz

Un aumento de la iluminación abre estomas y aumenta la transpiración. El cierre de estomas en días cálidos es frecuente pues transpiraciones puntuales en el día producen una baja transitoria del potencial hídrico y originan el cierre de los estomas.

Concentración de Oxígeno

En general una concentración alta de oxígeno favorece el cierre de estomas.

Temperatura

Las temperaturas altas favorecen la transpiración aumentando la velocidad de salida de agua por el estoma. Como en la atmósfera al aumentar la temperatura hace que disminuya la humedad relativa y aumente el gradiente de difusión del vapor de agua entre la cámara subestomática y el exterior, es por ello que aumenta la transpiración. Asimismo, al aumentar la temperatura, aumenta también el coeficiente de difusión del vapor de agua, y por eso aumenta mas la transpiración. Las temperaturas superiores a

30-40⁰ C favorecen el cierre de estomas (con estas temperaturas favorecen los procesos respiratorios con lo que el aumento del CO₂ produce el cierre del estoma). Las temperaturas elevadas provocan la insensibilidad del estoma al CO₂, con lo cual permanece abierto y el efecto refrigerante de la transpiración evita las quemaduras que se producirían en las plantas.

Velocidad del viento

A mayor velocidad, mayor es la transpiración, este factor influye sobre el gradiente de vapor de agua próximo a la superficie foliar. Existe una capa limítrofe en la superficie de la hoja, a través de la cual el vapor debe difundirse hacia el exterior desde las superficies húmedas en el mesófilo y el parénquima, mientras más delgada sea la capa, más rápida es la transpiración (Lira, 1994).

Contenido Mineral de la Materia Vegetal

El principal constituyente de una planta es el agua, seguido por la materia orgánica y los minerales, en

una proporción aproximada de : 70% de agua, 27% de materia orgánica y 3% de minerales.

Los minerales representan solo una pequeña parte de la materia vegetal pero tiene vital importancia.

El principal factor que regula el contenido mineral de las plantas es el específico (o incluso varietal) y genéticamente determinado "potencial de absorción de los diferentes nutrientes minerales".

El segundo factor que controla el contenido mineral del material vegetal es la disponibilidad de nutrientes en el medio nutritivo.

Dentro de las plantas se dan considerables diferencias en el contenido mineral entre los diversos órganos y entre plantas con distinto desarrollo (edad).

La Absorción de Nutrientes

El importantísimo proceso de absorción de iones por las plantas se debe considerar básicamente como un

transporte de iones a través de membranas biológicas (ej. Plasmalema). Como fruto de esta actividad se observa que:

- a).-Las plantas son capaces de absorber iones selectivamente.
- b).-El hecho de que las concentraciones de varias especies de iones en las vacuolas son considerablemente más altas que en el medio exterior indica una absorción activa.
- c).-El proceso de absorción requiere energía, generada por el metabolismo celular.

Los nutrientes asimilables o disponibles son aquellas fracciones de los nutrientes en el suelo accesibles a las raíces de las plantas (Gonzalez, 1991).

Efecto de los Nutrientes

La cantidad generalmente aceptada de nutrientes esenciales que se requieren es de 16, e incluye al carbono, hidrógeno y oxígeno, así como 13 componentes minerales, ya que las plantas al igual que los seres humanos necesitan de una nutrición balanceada que las haga crecer sanas y producir los máximos rendimientos (Anónimo, 1983).

Carbono, Hidrógeno y Oxígeno

El carbono forma el esqueleto de todas las moléculas orgánicas, es un componente estructural básico de toda la vida vegetal. El oxígeno, se requiere para el proceso de respiración que se lleva a efecto en las células vegetales, y a través de este proceso se obtiene la energía a partir de la degradación de los carbohidratos. El hidrógeno y oxígeno forman el agua, que constituye un gran porcentaje del peso total de las plantas. El carbono, hidrógeno y oxígeno contenidos en la planta se obtienen a partir del dióxido de carbono y del agua. Se convierten en carbohidratos simples, transformándose después en aminoácidos, proteínas y protoplasma (Tisdale, 1982).

Nutrientes primarios:

Los macroelementos requeridos para el cultivo de tomate son, nitrógeno, fósforo y potasio en dosis de 100, 150 y 250 kg/ha respectivamente (Márquez, 1978).

Nitrógeno (N): Es utilizado por las plantas para sintetizar aminoácidos, que a su vez forman proteínas. Las

formas mas comunmente asimilables por las plantas son los iones de nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4). En cultivos de arena o en soluciones nutritivas algunas especies de plantas logran buenos crecimientos con la forma amoniacal, mientras que otras especies lo hacen mejor con el nitrato (Tisdale,1982).

Fósforo (P_2O_5): Existe en todas las células vivas, las plantas lo utilizan para sintetizar ácidos nucleicos (ADN y ARN), se utiliza también para almacenar energía, estimula el crecimiento temprano y la formación de raíz. La absorción es afectada por el pH del medio que rodea a las raíces; valores de pH bajos incrementa la absorción del ion primario H_2PO_4^- , mientras que valores altos incrementan la absorción de la forma HPO_4^{2-} . Un buen suministro de fósforo, ha sido siempre asociado con un incremento del crecimiento de las raíces, recientes trabajos en la Universidad de Purdue, han mostrado que, cuando se aplican juntos, un fosfato soluble y nitrógeno amoniacal, las raíces de las plantas proliferan extensamente en esta área. También activa la madurez, incrementa la calidad, además aumenta la resistencia a enfermedades (Tisdale,1982).

Potasio (K_2O): El potasio estimula la formación de raíz y mejora la resistencia de las plantas a enfermedades, favorece la formación de vasos xilemáticos mas grandes y distribuidos de manera mas uniforme en todo el sistema radical. Las plantas cultivadas en soluciones nutritivas con cantidades adecuadas de potasio mantienen altos niveles de humedad interna (Tisdale,1982).

Nutrientes Secundarios

Azufre (S): Es esencial para la síntesis de proteínas, también es importante para la formación de nódulos de la raíz de las leguminosas (Anónimo,1983).

Calcio (Ca): Activa la formación y crecimiento de raíces secundarias, estimula la germinación, la fecundación, la producción de semilla y mejora el vigor de las plantas, dándole consistencia a tallos y fruto. Una deficiencia, se manifiesta en la falta de desarrollo de los brotes terminales, asi como en los tejidos apicales de las raíces (Tisdale,1982).

Magnesio (Mg): Es fundamental en la formación de clorofila y azúcares, es auxiliar en el transporte de

fósforo en la planta y regula la asimilación de otros nutrimentos.

Micronutrientes

Zinc (Zn) :Controla la síntesis del ácido indolacético, importante regulador del crecimiento de las plantas. Absorbido por las raíces en forma de ion y también en forma de quelatos. Una deficiencia se manifiesta en las hojas jóvenes, iniciándose con una clorosis internervial, seguida de una reducción en el crecimiento de los brotes (Tisdale,1982).

Fierro (Fe) :Se requiere para la síntesis de clorofila en las células vegetales.

Manganeso (Mn) : Interviene en las funciones catalíticas, es activador de algunas enzimas respiratorias y de reacciones del metabolismo del hidrógeno y la fotosíntesis.

Cobre (Cu) : Desempeña funciones exclusivamente catalíticas en las plantas (Anónimo,1983).

Boro (B): Tiene función en la diferenciación meristemática.

Molibdeno (Mo): El papel más importante es la reducción de nitratos y fijación de nitrógeno.

Cloro (Cl): Se requiere para que se lleve a cabo las reacciones fotosintéticas, en ausencia de ello las plantas se marchitan, las raíces se atrofian y se reduce la producción de frutos (Anónimo,1983).

Efecto de las Auxinas en el Enraizamiento

Desde la década de 1930, se han venido realizando investigaciones acerca de los mecanismos de acción de las auxinas, no obstante los avances logrados han sido rápidos en los últimos años (Weaver, 1996).

Principales Funciones de las Auxinas

Las auxinas estimulan la división celular; frecuentemente fomentan el desarrollo de callos, de los que se desprenden crecimientos similares a raíces. Las auxinas son muy efectivas en iniciar la formación de raíces de

varias especies vegetales. Esta respuesta fue base de la primera práctica en la agricultura, de sustancias de crecimiento (Weaver, 1996).

Riego por Subirrigación

Para finales de siglo, gobiernos de países del norte de Europa exigen a los cultivadores sistemas de cultivo cerrado en los cuales no se liberen al ambiente de las aguas de drenaje ningún tipo de producto químico. Los sistemas de subirrigación (riego por inundación, riegos laminares, etc.) es una de las propuestas que más se ajusta a estos cambios (Casas, 1996).

En soluciones nutritivas, hongos y enfermedades pueden ser fácilmente diseminadas y transportadas a través del cultivo. El sistema radicular de una planta debe estar dañado o predispuesto para ser infectado por un hongo patógeno. Existen factores que ayudan a desencadenar esta predisposición:

- El tiempo de inundación. Con el exceso de agua en el sustrato existe una deficiencia de oxígeno, acumulación de nitritos, toxicidad y por lo tanto daño en las raíces

- Sustratos con drenaje insuficiente y poca aireación
- Acumulacion de sales
- Utilizacion de soluciones nutritivas inapropiadas con exceso de nitrógeno amoniacal
- Utilización de aguas de baja calidad y exceso de cloro y sodio (Casas,1996).

El manejo del sistema de irrigación y las practicas culturales deben encaminarse a la minimizacion de todos los factores que afecten el deterioro del sistema radicular del cultivo. En general habría que considerar :

- Graduar el tiempo de inundación
- Evitar riegos aéreos o de superficie que podrían propagar enfermedades
- Usar sustratos adecuados para subirrigacion
- Controlar la evolución del sustrato (pH, C.E. y nivel de nitrógeno)
- Evitar el uso de aguas con un contenido superior a 30-35 ppm de sodio y cloro
- Descartar las plantas que presenten síntomas de ataque de hongos o enfermedades (Casas, 1996).

Subirrigación

El termino "irrigación subterránea" o "Subirrigación" puede ser considerado como la provisión de agua a la zona radicular de las plantas por debajo de la superficie del suelo, con la finalidad de asegurar una combinación adecuada de agua y aire en la zona radicular del suelo (Achtnich, 1972).

Con el uso de la subirrigación se persigue cubrir la demanda nutricional del cultivo, de forma que se minimicen las pérdidas por lixiviación mientras se aumenta el porcentaje absorbido por las plántulas a la vez que se evita en lo posible la contaminación de acuíferos, sobre todo por NO_3 , debida al uso inadecuado y excesivo de fertilizantes químicos (Achtnich, 1972).

Cultivo en Sustrato

Las técnicas culturales utilizadas en la producción han experimentado cambios rápidos y notables durante las ultimas dos décadas. Unido a estos rápidos cambios tecnológicos, se ha producido una notable sustitución del cultivo tradicional en el suelo por el cultivo en sustrato (Abad, 1991).

El concepto de cultivo de plantas en sustrato difiere marcadamente del cultivo de plantas en pleno suelo:

1).- Cuando se usan contenedores, el volumen del medio de cultivo, del cual la planta debe absorber oxígeno, agua y nutrientes, es limitado y mas reducido que el volumen disponible para las plantas que crecen en el suelo.

2) Bajo cultivo intensivo, con temperaturas controladas y niveles elevados de nutrición, los estomas permanecen comúnmente abiertos durante periodos de tiempo mas largos, aumentando así la absorción de agua y su perdida por transpiración. Para sacar partido de estas condiciones, debe existir una cantidad suficiente de agua fácilmente disponible en la zona radicular. Mientras tal régimen hídrico esta siendo mantenido, surgen problemas de aireación. Como los medios de cultivo "artificiales" son usualmente porosos y homogéneos, el control exacto de los contenidos de agua y de aire es fácilmente alcanzable. Por el contrario, muchos suelos poseen una baja porosidad y su perfil es heterogéneo, y, en consecuencia el control del agua y del aire es difícil de llevar a cabo (Abad, 1991).

Acolchado

La técnica del acolchado de suelos consiste en colocar una película plástica sobre el terreno a cultivar, cubriendo el terreno en forma parcial o total, esto formara una pantalla impermeable que ayudara a conservar una mayor cantidad de agua, evitando la perdida por evaporación directa e incrementando la temperatura del suelo formando así, un microclima (Splittstoesser, 1990).

Los plásticos usados para acolchados en los cultivos hortícolas proveen muchas ventajas positivas tales como: modificar los regímenes de temperatura y humedad en el suelo, madurez temprana de las cosechas, mejor calidad, control de malezas, impedir la inmigración de insectos, y posiblemente alterar la fotobiología de la planta e incremento de rendimientos. También permite la incorporación de otros componentes tales como; riego por goteo para lograr una máxima eficiencia de los recursos utilizados (Decoteau et al., 1986; Splittstoesser y Brown, 1991; Ham et al., 1993).

Los colores de un plástico para acolchado determinan su comportamiento de energía irradiada y su influencia en el microclima cerca de las plantas (Maiero et al., 1987). Los colores determinan la temperatura de la superficie del acolchado y fundamentalmente la temperatura

del suelo (Lamont, 1993). Las películas negras, absorben parte de la energía solar que llega al plástico el cual se calienta, transmitiendo el calor por conducción al suelo (Mahrer,1979). Las temperaturas del suelo bajo acolchado plástico negro durante el día pueden ser de 2.8°C más alto a una profundidad de 5 cm y 1.7°C más alto a la profundidad de 10 cm respecto a un suelo desnudo (Lamont, 1993).

Las cosechas mas tempranas de melón (7 a 14 días y hasta de 21 días) y mayor rendimiento (2 a 3 veces mas que en suelos no acolchados) dependen en gran parte sobre la localización geográfica, tipo de suelo, forma de uso del acolchado plástico y de la variedad del cultivo (Lamont y Marr, 1992; Lamont, 1993).

Fertirrigación

Se entiende por fertirrigación, a la aplicación conjunta a traves del sistema de riego, del agua y los fertilizantes necesarios para el crecimiento y producción de los cultivos (Orgaz,1991).

La aplicación de los nutrimentos mediante este sistema presenta las siguientes:

a) .-Ventajas:

- Ahorro de agua.
- Concentración del bulbo húmedo.
- Aplicación dirigida de los fertilizantes.

b) .-Desventajas:

- Mayor inversión inicial.
- Las pequeñas aberturas del gotero se pueden tapar y requieren filtración cuidadosa del agua y mantenimiento adecuado del equipo (Arellano,1993).

Riego por Goteo

El uso del riego por goteo en combinación con el acolchado de suelos, reducen la evaporación de la humedad directa de la superficie del suelo y disminuyen los requerimientos de los riegos. Esta relación puede ahorrar agua de un 45 por ciento comparado con sistemas de riego por aspersión (Hanlon y Hochmuth, 1989).

El riego por goteo es un método de alternativa que potencialmente puede mejorar la eficiencia del uso del

agua, minimizando los problemas culturales asociados con el riego por surcos (Bogle y Hartz, 1986).

El sistema de riego por goteo puede incrementar significativamente la eficiencia de aplicación de agua de un 44 a 72 por ciento, comparado con un riego por aspersión debido a que el agua es conducida hasta la planta y libera directamente el agua al sistema radicular (Kataria y Michael, 1990). Con el riego por goteo el agua es goteada en una área pequeña de la superficie del suelo (bulbo de humedad) y como resultado de esto, el movimiento del agua lateralmente es mínimo especialmente en suelos porosos y someros. También la eficiencia en el uso de agua puede ser aumentada en un 50 por ciento o más aplicando el riego por goteo en lugar de riego por superficie (Lamack y Niemiera, 1993).

El riego por goteo es un método efectivo para la aplicación del agua, fertilizantes y es una nueva tecnología que crece día con día en la agricultura. Este incluye la eficiencia de uso de fertilizantes, reduciendo las perdidas por lixiviación, mejora control la concentración de nutrimentos en la solución del suelo, reducción de mano de obra, ahorro de energía y flexibilidad

en la aplicación oportuna de nutrimentos (Bogle y Hatz, 1986; Bhella y Wilcox, 1986 y Decoteau et al., 1990).

III.-MATERIALES Y METODOS

Ubicación del Experimento

La presente investigación se llevó a cabo tanto en un invernadero como en el campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA); que se encuentra localizado al noreste de Saltillo, Coahuila; ubicado dentro de las coordenadas geográficas 25°27' latitud Norte y 101°02' longitud Oeste con una altitud de 1610 msnm.

Diseño Experimental

El diseño utilizado fue en Bloques al Azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, dando un total de 28 unidades experimentales. En plántula, cada repetición fué de una charola de 200 cavidades. En campo el tamaño de cada repetición fué de 4.4 m de largo por 1.8 m de ancho con 4 plantas útiles por repetición en estado de plántula y 8 en plantas establecidas en campo.

Siembra

Para este trabajo se utilizó la variedad de tomate Flora Dade. La siembra de almácigo se realizó el día 26 de Junio de 1997 en 28 charolas de poliestireno de 200 cavidades, se utilizó el sustrato Promix n^o. 1, una vez sembradas las semillas se procedió a regar las charola y estibarlas, posteriormente se llevaron al invernadero donde se les colocó una charola vacía al final de la estiba con la finalidad de evitar la pérdida de humedad y un sobrecalentamiento por el plástico negro que cubrió las charolas, así permanecieron hasta iniciada la emergencia. Una vez que las plántulas emergieron se llevaron a los contenedores de madera cubiertos con plástico negro para permitir el almacenamiento de la solución, al tercer día se les dió un aclareo dejando una planta por cavidad, al octavo día se les agregaron las soluciones nutritivas correspondientes a cada tratamiento. En cada contenedor se colocaron cuatro charolas, se considero cada una de ellas como una repetición.

Subirrigación

Se preparó 50 litros de solución por cada tratamiento en un tonel de plástico de 200 litros, a cada una de ellas se les midió la temperatura, pH, sólidos solubles y conductividad eléctrica con la finalidad de conocer sus características fisico-químicas. Inmediatamente después, se agregó la solución al contenedor correspondiente, las plántulas se mantuvieron en subirrigación por un espacio de 13 días, posteriormente se les retiro la solución sobrante la cual fue medida para conocer el consumo de agua de cada tratamiento, después de esto pasaron siete días bajo un régimen normal, es decir se regaron con una regadera dos veces por día.

Cuadro 3.1.- Características Fisico-Químicas de las soluciones nutritivas utilizadas para la producción de plántulas de tomate variedad Flora Dade.

Tratamiento	Temperatura °C	pH	Sólidos Totales Disueltos (g/l)	CE ms/cm
1	-----	-----	-----	-----
2	24.1	7.25	1.15	2.19
3	23.7	6.50	1.94	3.84
4	23.5	7.09	2.41	4.86
5	23.7	6.97	1.94	4.24
6	23.8	7.02	1.94	3.88
7	24.0	7.14	1.58	3.33

Descripción de Tratamientos

1.- Testigo Regional; sin subirrigación, regados y fertilizados vía foliar.

2.- Testigo Absoluto, con subirrigación, solo en agua (50 litros).

3.- Raizal, 125 g/50 litros de agua

Raizal: (formula)	Concentración (%)
Nitrógeno	9
Fósforo	45
Potasio	11
Magnesio	0.6
Azufre	0.8
Fito hormonas	400 ppm

4.-Subirrigación, Solución propuesta por la Corporación Hidropónica de México, S.A. de C.V.:

Fuente	Cantidad (g/50 l de Agua)
Nitrato de Sodio (R)	41.5
Nitrato de Calcio	41.5
Sulfato de Potasio	41.5
Super Fosfato Simple	62.5
Sulfato de Magnesio	20.5

5. Subirrigación, solución propuesta por el Centro Demostrativo y de Capacitación Campesina de Tezoyuca, Morelos.:

Fuente	Cantidad (g/50 litros de agua)
Nitrato de Potasio	38
Nitrato de Calcio	14.5

Fosfato Monoamonico	22.5
Sulfato de Amonio	29
Sulfato de Magnesio	12.2
Sulfato de Fierro (R)	350 mg

En los anteriores tratamientos no se tomaron en cuenta las aportaciones nutrimentales que el agua de riego aporta al realizar la formulacion. Sin embargo, para la formulacion de las soluciones de los tratamientos seis y siete si se tomó en consideración los aportes nutrimentales realizados por el agua de riego al momento de preparar la solucion tipo hidroponía, para lo cual fue necesario analizar el agua de riego, los resultados del análisis se presentan en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2.- Análisis del Agua utilizada para riego del tomate Flora Dade, en el campo experimental del CIQA.

Parámetro	Determinación
pH	7.29
CE	2.30 ms/cm
Carbonatos	0.60 meq/litro
HCO ₃	6.00 meq/litro
Ca	8.20 meq/litro
Mg	5.40 meq/litro
Cl	1.54 meq/litro
SO ₄	16.82 meq/litro
Na	4.95 meq/litro

Para los tratamientos seis y siete por lo tanto, se tuvo que realizar un ajuste al tomar en consideración los aportes hechos por el agua de riego, estos se realizaron de la siguiente manera (cuadro 3.3):

Cuadro 3.3.- Soluciones nutritivas M-P y Day.

mmol/l	Mavrogiannopoulos y Papadakis (1987)	Day (1991)
NO ₃	13	9
NH ₄	4	1.50
H ₂ PO ₄	1	1.00
K	7	7.50
Ca	4	3.75
Mg	1.25	1.50
SO ₄	0	0

mg/l		
Fe	3.5	2
Mn	1	0.75
Cu	0.02	0.1
Zn	0.5	0.5
B	0.3	0.4
Mo	0.05	0.05

Procedimiento para determinar la cantidad de nutrimentos necesarios para cubrir la formula de la solucion propuesta por M-P y Day (Cuadro 4).

Cuadro 3.4.-Solución nutritiva Mavrogiannopoulos y Papadakis (M-P) .

	Aniones mmol/l					Cationes mmol/l					pH	CE ms/ cm
	NO ₃	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		
Agua de Riego	-	-	8.4	6	1.5	-	-	4.1	2.7	4.9	7.2	2.3
Solucion Ideal	13	1	-	0.5	-	4	7	4	1.25	-		
Aportes previstos	13	1	-	-5.5	-	4	7	-	-	-		

Fuente	mmol/l											
H ₃ PO ₄	1		1		-1							

KNO ₃	7	7						7					
NH ₄ NO ₃	6	6					6						
Aportes reales		13	1	-	-1	-	6	7	-	-	-		
Sol.nut. final		13	1	8.4	5	1.5	6	7	4.1	2.7	4.9	7.0	3.8
	Meq/l	13	1	4.2	5	1.5	6	7	2.5	1.3	4.9		
Aniones Σ	24.7												
Cationes Σ	21.7												
ppm	2289.4	806	97	403	305	53.2	108	273	100	31.2	113		

Para convertir de mmol a ppm, se hizo necesario conocer el peso atómico de cada ion para multiplicarlo por el número de milimoles los cuales nos darían las ppm (cuadro3.5).

Cuadro 3.5.- Peso atómico de algunos elementos y peso atómico de algunos iones utilizados como fertilizantes.

Elemento químico	Símbolo químico	Peso atómico	Forma iónica	Peso del ion
Nitrógeno	N	14	NH ₄ ⁺	18
			NO ₃ ⁻	62
Fósforo	P	31	H ₂ PO ₄	97
Potasio	K	39	K ⁺	39
Calcio	Ca	40	Ca ⁺⁺	40
Magnesio	Mg	24	Mg ⁺⁺	24

Calculo de microelementos:

Fe → Ferroquel 30.6% de Fe $3.5 \times 100/30.6 = 11.43$ mg/l

Mn → Sulfato de Manganeso 32% de Mn $1 \times 100/32 = 3.12$ mg/l

Cu → Sulfato de Cobre 25% Cu $0.02 \times 100/25 = 0.08$ mg/l

Zn → Sulfato de Zinc 23% Zn $0.5 \times 100/23 = 2.17$ mg/l

B → Ácido Bórico 17% B $0.3 \times 100/7 = 1.76$ mg/l

Mo → Molibdato de Sodio 40% Mo $0.05 \times 100/40 = 0.125$ mg/l

Esta cantidad se multiplicó por 50 para determinar la cantidad necesaria para preparar la solución.

El mismo procedimiento se realizó para determinar la cantidad de elementos y fertilizantes a utilizar para preparar la solución nutritiva del tratamiento siete (Cuadro 6).

Cuadro 3.6.- Solución Nutritiva Day

	Aniones mmol/l					Cationes mmol/l					pH	CE ms/cm
	NO ₃ ⁻	H ₂ P O ₄ ⁻	SO ₄ =	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		
Agua de Riego	-	-	8.4	6	1.5	-	-	4.1	2.7	4.9	7.2	2.3
Solucion Ideal	9	1	-	0.5	-	1.5	7.5	3.75	1.7	-		
Aportes previstos	9	1	-	-5.5	-	1.5	7.5	-	-	-		

Fuente	mmol/l											
H ₃ PO ₄	1		1		-1							
KNO ₃	7.5	7.5					7.5					
NH ₄ NO ₃	1.5	1.5				1.5						
Aportes reales		9	1	-	-1	-	1.5	7.5	-	-	-	
Sol.nut. final		9	1	8.4	5	1.5	1.5	7.5	4.1	2.7	4.9	7.1 3.3
	Meq/l	9	1	4.2	5	1.5	1.5	7.5	2.5	1.3	4.9	
Aniones Σ	20.7											
Cationes Σ	17.7											
ppm	1981.2	558	97	403	305	53.2	27	293	100	32	113	

Calculo de microelementos:

Fe → Sulfato de Fierro 30.6% de Fe 2 X 100/30.6 = 6.53 mg/l

Mn → Sulfato de Manganeso 32% de Mn $1 \times 100/32 = 3.12 \text{ mg/l}$
Cu → Sulfato de Cobre 25% Cu $0.02 \times 100/25 = 0.08 \text{ mg/l}$
Zn → Sulfato de Zinc 23% Zn $0.5 \times 100/23 = 2.17 \text{ mg/l}$
B → Acido Bórico 17% B $0.3 \times 100/7 = 1.76 \text{ mg/l}$
Mo → Molibdato de Sodio 40% Mo $0.05 \times 100/40 = 0.125 \text{ mg/l}$

Una vez terminado los cálculos las soluciones de los tratamientos 6 y 7 quedaron de la siguiente manera:

6.- Subirrigación, sobre una solución propuesta por Mavrogiannopoulos y Papadakis en 1987, en cultivo de tomate sobre perlita:

Fuente	Cantidad en 50 litros de agua
Nitrato de Potasio	35.3 g
Nitrato de Amonio	24.0 g
Acido Fosfórico	4.0 ml
Sulfato de Fierro (R)	571.5 mg
Sulfato de Manganeso (R)	156.0 mg
Sulfato de Cobre	4.0 mg
Sulfato de Zinc	108.5 mg
Acido Bórico (R)	88.0 mg
Molibdato de Sodio (R)	6.2 mg

7.- Subirrigación, sobre una solución propuesta por Day en 1991 en la producción en tomate sobre perlita.:

Fuente	Cantidad en 50 litros de agua.
Nitrato de Potasio	37.9 g
Nitrato de Amonio	6.0 g
Acido Fosfórico	4.0 ml
Sulfato de Fierro (R)	326.0 mg
Sulfato de Manganeso (R)	117.0 mg
Sulfato de Cobre	20.0 mg

Sulfato de Zinc	108.5 mg
Acido Bórico (R)	117.5 mg
Molibdato de Sodio (R)	6.2 mg

R= Grado reactivo

Control Fitosanitario de las Plántulas

Para llevar un buen control fitosanitario en estado de plántula, se aplicaron los siguientes productos:

Tecto 1.5 g/l, al momento de emerger. Promyl 1 gr/l + Taron 1 ml/l, a los diez días después de la emergencia, estas aplicaciones se realizaron a todos los tratamientos. Sin embargo, para el tratamiento 1, se realizaron además de las dos anteriores aplicaciones las siguientes:

Ridomil Bravo 0.75 gr/l + Foltron Plus 1 ml/l, a los 15 días posteriores a la emergencia, HidroCu 1 gr/l + Raizal 1.2 gr/l, a los 20 días, Foltron Plus 1.5 ml/l, a los 28 días y finalmente Captan 1.5 gr/l + Raizal 1.4 gr/l, a los 32 días posteriores a la emergencia.

Manejo del Cultivo

Es importante aclarar que a partir del trasplante todos los tratamientos recibieron la misma atención y manejo.

Labores de Pretrasplante

El terreno se preparó con un barbecho profundo y un cruzado de rastra; ambos realizados con tractor, posteriormente se formaron las camas, se instaló la cintilla y se acolchó con plástico negro calibre 150, perforado cada 30 cm a doble hilera en tresbolillo, todas estas labores se realizaron manualmente.

Trasplante

El trasplante se realizó el día 28 de Julio, cuando las plantas tenían 33 días a partir de la siembra, utilizándose una planta por hoyo.

Riegos

Se utilizó un sistema de riego por goteo, que consistió en una cinta t-tape con goteros a 20 cm de distancia y un gasto de 250 litros/h por cada 100 metros lineales y para una presión aproximada de 8 psi. Se suministro la misma cantidad de agua a todos los tratamientos, dándose 35 riegos en total, los cuales se distribuyeron de la siguiente forma: 1- 2 riegos por semana hasta inicio a floración, de 2-3 hasta el primer corte y de 3-4 riegos por semana durante el periodo de cosecha, tomándose en consideración las condiciones climatológicas y el desarrollo del cultivo.

Fertirrigación

La inyección de los fertilizantes se realizó con un vénturi modelo 804 de 3/4" de diámetro; la fertirrigación se llevó a cabo en la mayoría de los riegos, con la formula:

Fuente	Cantidad por riego	Total/35 riegos
Nitrato de potasio (14-00-40)	40.0 gr	1400.0 gr *
Nitrato de amonio (34.5-00-00)	7.0 gr	245.0 gr
Acido fosfórico (00-80-00)	16.5 ml	577.5 ml
N.de calcio [15.5-00-00-(30	56.0 gr	1960.0 gr

Ca)]

* Cantidad en base a 222.42 m².

La fórmula final de N-P-K fué de 25-35-25 Kg/ha.

Estacado e Hilado

El estacado se realizó con estacones de madera los cuales se colocaron a una distancia de cuatro metros en ambas hileras, para conducir adecuadamente las plantas se llevaron a cabo tres hiladas con una separación de 20 cm entre ellas con rafia plástica.

Túnel

La colocación de los túneles se llevó a cabo días antes del primer corte, ya que en un principio no se había planeado su puesta; sin embargo, por las bajas temperaturas que se comenzaron a presentar, la necesidad de salvar el cultivo y para obtener resultados más confiables se decidió realizar esta labor extra.

Labores Fitosanitarias

Las principales plagas y enfermedades que se presentaron fueron los siguientes:

<u>Plagas</u>	<u>Enfermedades</u>
Mosquita blanca	Tizón temprano
Gusano del fruto	Tizón tardío
Gusano soldado	

Para el control de plagas y enfermedades en el cultivo, después del transplante se hicieron las siguientes aplicaciones de productos químicos, mismos que se mencionan en el siguiente cuadro 3.7.

Cuadro 3.7- Agroquímicos aplicados al cultivo de tomate Cv. Flora Dade a través de su ciclo de desarrollo.

FECHA	PRODUCTO	DOSIS
16-08-97	Progib	0.06 gr/l
	Nitrocel	1.6 gr/l
	Flonex Mz 400	3.3 ml/l
	Inex	0.6 ml/l
29-08-97	Trigard	0.8 gr/l
	Maxigrow	1.3 ml/l
	Basudin	2.0 ml/l
	Ridomil Bravo	3.3 gr/l
9-09-97	Thiodan	2.5 ml/l
	Aflix	3.0 ml/l
	Inex	0.66 ml/l
	Ridomil Bravo	3.0 gr/l
	Fosfacel	1.5 gr/l
13-09-97	Thiodan	3.3 ml/l
	Decis	0.8 ml/l
	Superfos	2.0 gr/l
24-09-97	Ridomil Bravo	3.6 gr/l
	Metox	1.0 gr/l
	Superfos	1.3 gr/l
	Cupertron	4.0 ml/l

04-10-97	Previcur N	3.0 ml/l
	Grofol	1.6 gr/l
	B. Thuringiensis	4.6 gr/l
	Trigard	0.9 gr/l
19-10-97	Zineb	4.3 gr/l
	Daconil	3.6 gr/l
	Ambush	1.2 ml/l
	Thiodan	3.3 ml/l
25-10-97	Decis	1.1 ml/l
	Methomyl	0.8 gr/l
	Flonex	4.0 ml/l
20-11-97	Tecto	1.3 gr/l
	Foltron Plus	3.0 ml/l
	Flonex	4.0 ml/l
	Ambush	1.0 ml/l

Variables Evaluadas

Para las evaluaciones en plántula se tomaron en consideración cuatro plántulas por repetición (1 Charola), y para el cultivo establecido se marcaron ocho plantas, cuatro de cada hilera, sin considerar en la evaluación las plantas orilleras.

Altura de Plántula

Se midió con una regla graduada desde la base del tallo hasta el ápice del mismo, reportándose en cm.

Número de Hojas por plántula

Se contabilizó el número de hojas bien formadas, excluyéndose las cotiledonales.

Peso Fresco de plántula

Se pesó la parte aérea en una báscula inmediatamente después de sacarlas de las charolas.

Peso seco de Plántula

Se determinó después de haber colocado la parte aérea en bolsas de papel y mantenidas por 48 horas en una estufa a 75 °C.

Por Ciento de Humedad en la plántula

El contenido de humedad se determinó con la siguiente formula:

$$\frac{(PF - PS)}{PF} 100 = \% \text{ de Humedad}$$

Donde:

PF = Peso fresco

Ps = Peso seco

Días a floración

Se cuantificó el promedio de días desde la primera planta que inicio a florear hasta la ultima, del total de plantas evaluadas.

Rendimiento

Para esta varible se consideraron los kilogramos por parcela útil auxiliándose con una báscula, para después transformarlos a ton/ha.

Número de frutos/m2

Esta variable se determinó en base al rendimiento total obtenido en ton/ha de tomate.

IV .- RESULTADOS Y DISCUSION

Altura de Planta y Número de Hojas

Altura de Planta.

Al realizar el ANVA para esta variable, es con la finalidad de determinar el comportamiento de cada uno de los tratamientos. En este caso se tomaron dos lecturas en estado de plántula a los 18 DDS y 25 respectivamente.

Los resultados mostraron diferencia altamente significativa a los 18 DDS , teniendo como mejor tratamiento en la primera evaluación al 4 y 7 con 9.7 y 9.3 cm, seguido del tratamiento 5 con 8.7 cm; A diferencia del testigo (1) que solo alcanzó 5.4 cm, estos resultados se muestran en el cuadro y figura 4.1.

En la segunda evaluación que fué a los 25 DDS , también se tuvo una diferencia altamente significativa, teniendo como mejores tratamientos al 4 y 6 con 26.5 y 22 cm, seguidos del tratamiento 5 con 16 cm.

Cuadro 4.1.-Medias de la variable altura en la producción de plántula en subirrigación de tomate, Cv. Flora Dade, CIQA, 1997.

Altura de planta en (cm)			
Tratamientos	18 DDS	25 DDS	
4	9.7 A	26.5 A	
7	9.3 A	24.6 AB	
5	8.7 AB	16.0 C	
6	8.6 AB	22.0 B	
2	7.6 BC	10.6 D	
3	6.0 CD	14.3 C	
1	5.4 D	6.9 E	
C.V.	8.46	8.63	
Sig.	**	**	
Tukey (0.05)	1.57	2.74	

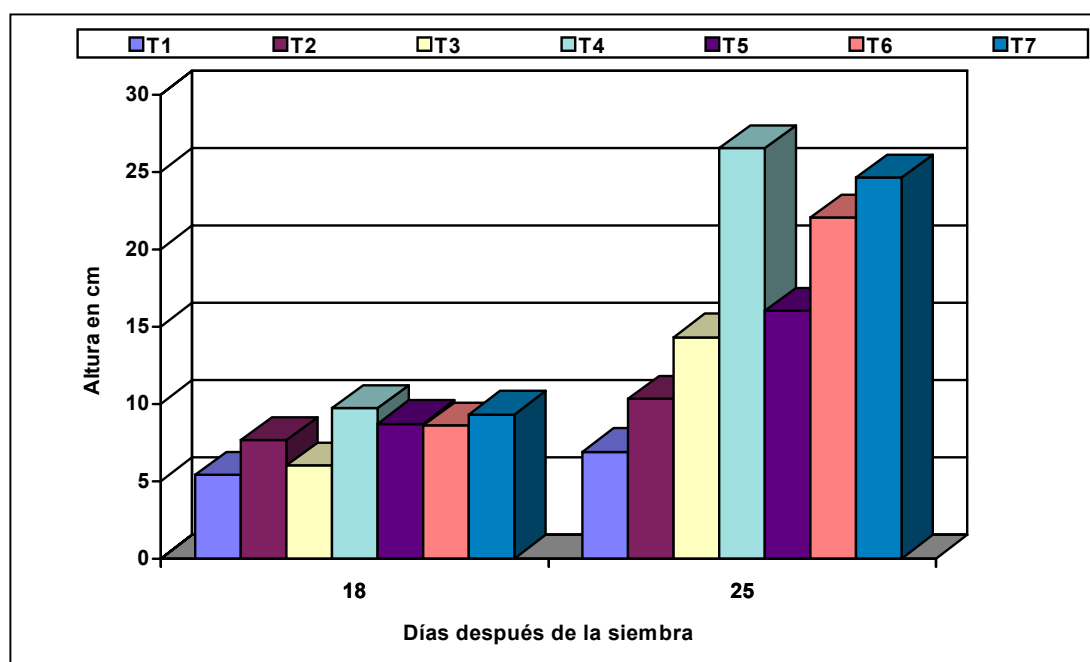


Figura 4.1.- Medias de la variable altura, en la producción de plántulas en subirrigación de tomate Cv. Flora Dade, CIQA, 1997.

Número de Hojas

El número de hojas en una planta es de vital importancia para la buena captación de la luz y de esta manera efectuar sus procesos químicos sin sufrir alteraciones.

Al realizar el ANVA nos reflejó un resultado altamente significativo, en este caso sólo se efectuó una lectura que fué a los 25 DDS, teniendo como los mejores tratamientos al 4 y 7 con 4.6 y 4.5 hojas, seguidos del tratamiento 6 con 4.1 hojas respectivamente, ver cuadro y figura 4.2.

En estos casos, se observa que el tratamiento 4, fué el mejor, ya que presenta la mayor cantidad de sólidos disueltos y su pH es neutro, esto concuerda con lo que dice González, 1991, que el proceso de absorción de iones son selectivos, cuya finalidad en la producción de plántulas es la de proporcionar a las plantas los nutrientes asimilables y que sean disponibles a través de las raíces.

Cuadro 4.2.- Medias de la variable número de hojas, en la producción de plántula en subirrigación de tomate, Cv. Flora Dade, CIQA, 1997.

Tratamientos	Número de Hojas por Planta
25 DDS	
4	4.6 A
7	4.5 A
5	4.1 AB
6	4.1 AB
2	2.8 C
3	3.6 B
1	2.4 C
C.V	8.63
Sig.	**
Tukey (0.05)	0.76

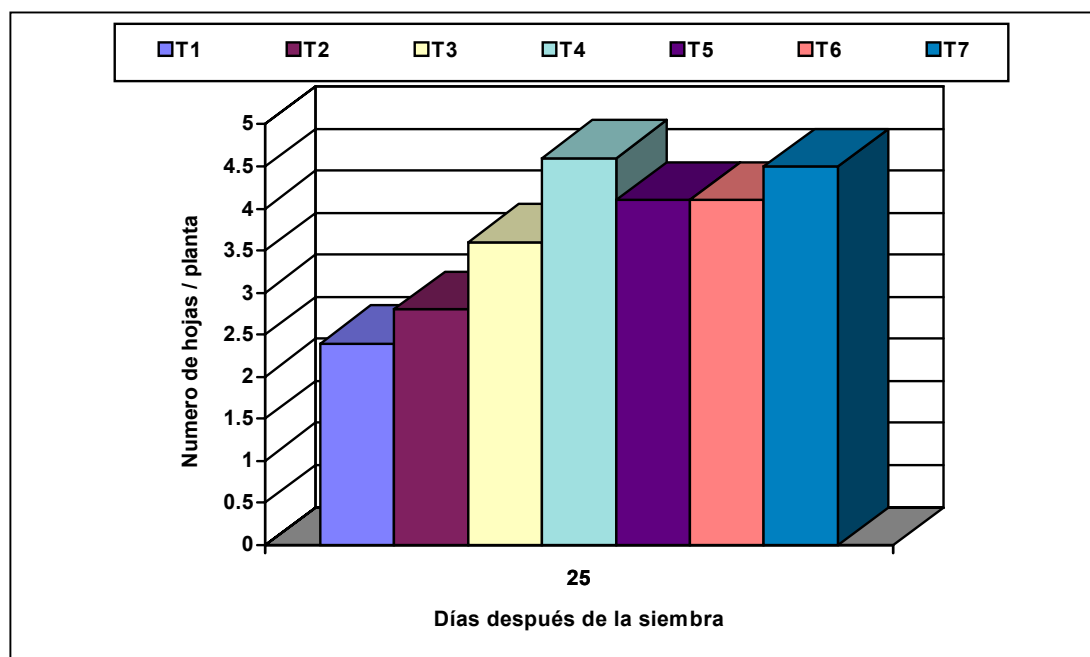


Figura 4.2.-Medias de la variable número de hojas, en la producción de plántulas en subirrigación de tomate, Cv. Flora Dade, CIQA, 1997.

Por Ciento de Humedad

Plántula.

A los 18 días después de la siembra los resultados del análisis de varianza (ANVA) , mostraron que hubo diferencia significativa entre los tratamientos para esta variable. Esto nos quiere decir que sí hay diferencia en el uso de las soluciones nutritivas, importando a su vez su dosificación de ellas.

En la comparación de medias de Tukey, nos muestra que el mejor tratamiento es el 6 y 4 con 93.1 y 90.8 por ciento de humedad, seguido del tratamiento 7 y 3 con 90 y 89.1 por ciento.

Parte aérea.

Para esta variable los datos se tomaron a los 25 DDS, al llevar a cabo el ANVA, nos muestra que si existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, ya que el porcentaje varía. Al realizar la comparación de medias de Tukey, nos refleja que el mejor tratamiento fué el 6 con 95 por ciento, seguidos del 5 y 3 con 94.9 por ciento, a comparación del testigo que presentó un 92.4 por

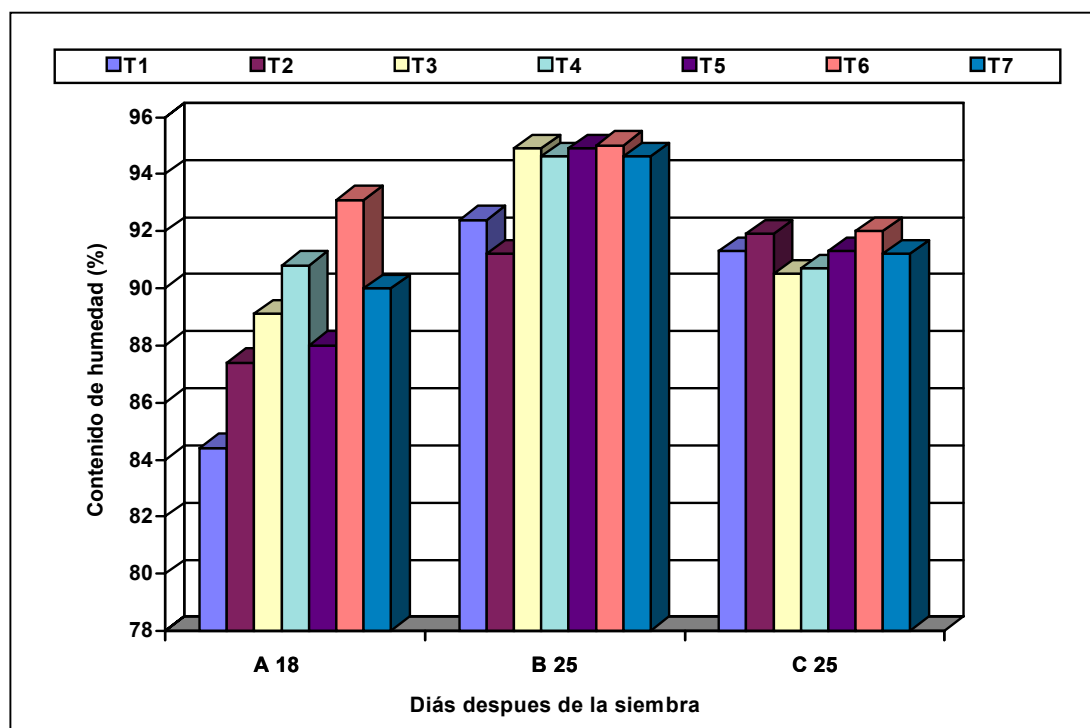
ciento. Estos resultados se sustentan en lo que dice Kramer, 1974, que el agua es tan importante, ya que constituye de 80 a 90 por ciento del peso fresco y además es un disolvente de los solutos, cuyo aspecto facilita la absorción de nutrientes.

Raíz

Los datos fueron tomados a los 25 DDS y una vez sometidos al ANVA, nos muestra que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, ya que la F de tablas es mucho mayor que la calculada por lo que el contenido de humedad es similar entre ellos, los datos se muestran en el siguiente cuadro y figura 4.3.

Cuadro 4.3.- Medias de la variable, contenido de humedad (%) en la producción de plántulas en subirrigación de tomate, Cv. Flora Dade, CIQA, 1997.

Tratamientos	Contenido de humedad (%)		
	Plántula 18 DDS	Parte aérea 25 DDS	Raíz 25 DSS
6	93.1 A	95.0 A	92.0
4	90.8 A	94.6 A	90.7
7	90.0 AB	94.6 A	91.2
3	89.1 AB	94.9 A	90.5
5	88.0 AB	94.9 A	91.3
2	87.4 AB	91.2 B	91.9
1	84.4 B	92.4 B	91.3
C.V.	1.44	0.35	0.77
Sig.	*	**	ns
Tukey (0.05)	0.32	0.08	



A.- Plántula

B.- Parte aérea

C.- Raíz

Figura 4.3.-Medias de la variable contenido de humedad (%) en la producción de plántula en tomate, Cv. Flora Dade, CIQA, 1997.

Peso Fresco y Peso Seco de las Plántulas

Peso Fresco en Plántula Completa, Raíz y Parte Aérea.

Los datos se tomaron a los 18 DDS en el caso de la plántula y a los 25 DDS para los casos de raíz y parte aérea los resultados del análisis de varianza (ANVA), mostraron que existió diferencia altamente significativa entre tratamientos para las tres variables, esto nos quiere

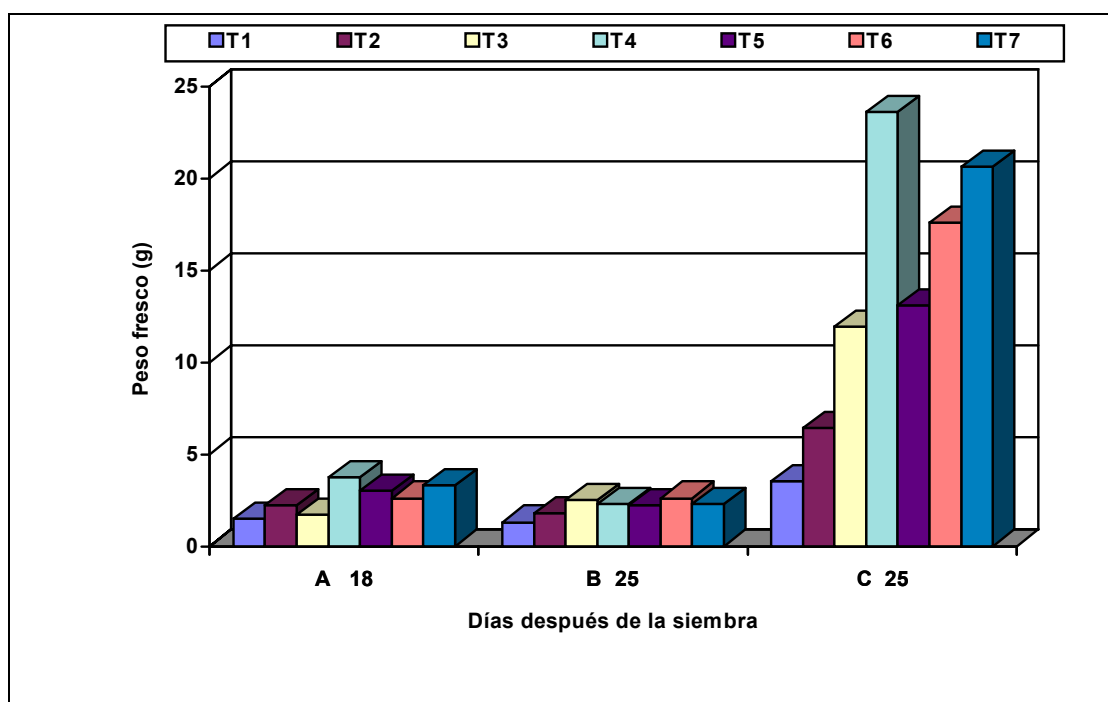
decir, que el comportamiento del crecimiento y desarrollo de las plántulas de tomate cambian con las distintas concentraciones de elementos.

En la comparación de medias de Tukey, nos muestra que el mejor tratamiento en el caso de plántula es el 4 y 7 con 3.7 y 3.3 g. respectivamente, a diferencia del testigo regional sin subirrigación que solo tuvo 1.5 g; Para el caso de la raíz, los mejores tratamientos fueron el 6 y 3 con 2.6 y 2.5 g. respectivamente, seguidos de los otros tratamientos que se mantuvieron iguales a excepción del 1 que solo tuvo 1.3 g; Para la parte aérea, los mejores fueron, el 4, 7 y 6 con un peso de 23.6, 20.6 y 17.6 g respectivamente, considerándose que los que menos incrementaron la biomasa fueron el testigo regional (1) sin subirrigación y el absoluto (2) solo en agua, con 3.5 y 6.4 g, estos datos se muestran en el cuadro y figura 4.4.

Estos resultados son aceptables ya que el peso fresco en la planta, es el reflejo de la absorción de agua por las raíces por lo que es un efecto activo según López, 1996, y según, Productores de Hortalizas, Enero, 1995, la humedad adecuada en el medio de cultivo se debe mantener en un 80 por ciento y así la planta permanecerá turgente.

Cuadro 4.4.- Medias de la variable peso fresco en la producción de plántulas en subirrigación en tomate, Cv. Flora Dade, CIQA, 1997.

Peso Fresco (g)			
Tratamientos	Plántula 18 DDS	Raíz 25 DDS	Parte aérea 25 DDS
4	3.7 A	2.3 AB	23.6 A
7	3.3 AB	2.3 AB	20.6 AB
5	3.0 B	2.2 AB	13.1 CD
6	2.6 BC	2.6 A	17.6 BC
2	2.2 CD	1.8 AB	6.4 E
3	1.7 DE	2.5 A	11.9 D
1	1.1 E	1.3 B	3.5 E
C.V. (%)	12.06	20.75	14.57
Sig.	**	*	**
Tukey (0.05)	0.72	1.05	4.71



A.- Plántula completa B.- Raíz C.- Parte aérea

Figura 4.4.- Medias de la variable peso fresco en la producción de plántula, en subirrigación de tomate, Cv. Flora Dade, CIQA, 1997.

Peso seco en plántula completa, raíz y parte aérea.

La determinación de estas variables se tomaron a los 18 y 25 DDS, los resultados del ANVA nos muestran que si existe diferencia altamente significativa para plántula completa y parte aérea, y para la raíz solo fué significativa.

En la comparación de medias de Tukey, el mejor tratamiento para peso seco en plántula fué el 5 con 0.36 g, seguidos del 4 y 7; Para la raíz el mejor fué el 3 con 0.23 g, seguidos de los otros tratamientos que fueron similares, excepto el testigo (1) que fué mucho menor; Para la parte aérea el mejor tratamiento fué el 4 con 1.2 g, posteriores a esto el 7 y 6 con 1.1 y 0.8 g. respectivamente, estos resultados se aprecian en el cuadro y figura 4.5.

Estos resultados no concuerdan los de, González, 1991, ya que menciona que la proporción en que está constituida una planta es de un 70 % de agua, 27 % de materia orgánica y 3 % de minerales, ya que se supone que son plantas adultas; Sin embargo, en plántulas el grado de hidratación es mayor por lo tanto, el peso seco se reduce, teniendo para este trabajo un promedio de 10 % en peso seco. Es importante recalcar que a mayor peso seco, hubo

mayor área fotosintética y por lo tanto mayor vigor en plántulas.

Cuadro 4.5.- Medias de la variable, peso seco en la producción de plántulas en subirrigación en tomate, var. Flora Dade, CIQA, 1997.

Peso Seco (g)			
Tratamientos	Plántula 18 DDS	Raíz 25 DDS	Parte aérea 25 DDS
4	0.35 AB	0.21 AB	1.27 A
7	0.33 AB	0.20 AB	1.10 AB
5	0.36 A	0.19 AB	0.67 CD
6	0.27 BC	0.20 AB	0.87 AB
2	0.28 AB	0.14 AB	0.56 D
3	0.18 CD	0.23 A	0.60 D
1	0.18 D	0.11 B	0.26 E
C.V. (%)	12.87	23.59	13.44
Sig.	**	*	**
Tukey (0.05)	0.08	0.10	0.24

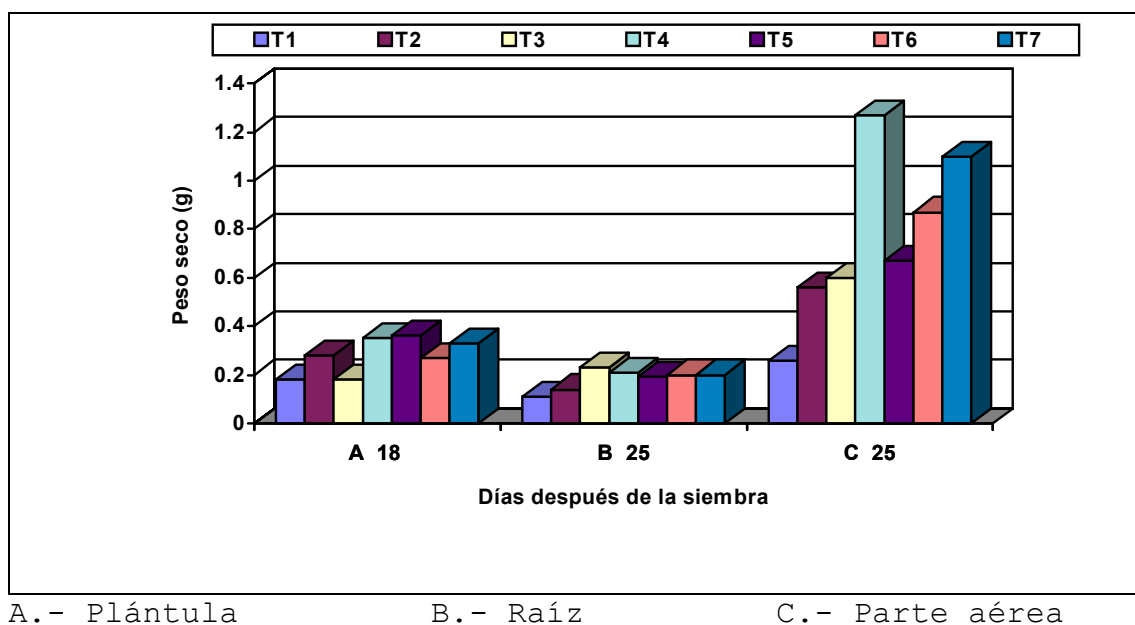


Figura 4.5.- Medias de la variable peso seco en la producción de plántula en subirrigación de tomate, Cv. Flora Dade, CIQA, 1997.

Días a Floración

En cuanto a esta variable, una vez analizados los datos tomados en campo nos reflejan que en el ANVA no hubo diferencias significativas, sin embargo en los tratamientos 3, 4 y 5 tuvieron una precosidad en la floración que fué a los 64 y 63 días DDS, por lo que existe una diferencia de 3 y 4 días respectivamente, a diferencia del testigo regional (1) y absoluto (2) en el que su floración fué a los 67 DDS (días después de la siembra), los datos se muestran en el cuadro 4.6.

Con estos datos según Tisdale, 1982, el fósforo estimula el crecimiento temprano y la formación de raíz, también activa la madurez, incrementa la calidad y la resistencia a enfermedades, de aquí la importancia de la solución con Raizal, que presentó un contenido alto de fósforo. Y debido a la presencia de fitohormonas, las auxinas también jugaron un papel importante, ya que estimularon rápidamente la división celular, por lo que aceleraron el crecimiento, según Weaver, 1996.

Cuadro 4.6.-Medias de la variable, días a floración en la producción de plántula en subirrigación de tomate, Cv. Flora Dade, CIQA, 1997.

Tratamiento	Días a floración
1	67.4
2	67.9
3	64.6
4	63.2
5	63.9
6	66.4
7	65.2
C.V. (%)	3.73
Sig.	ns

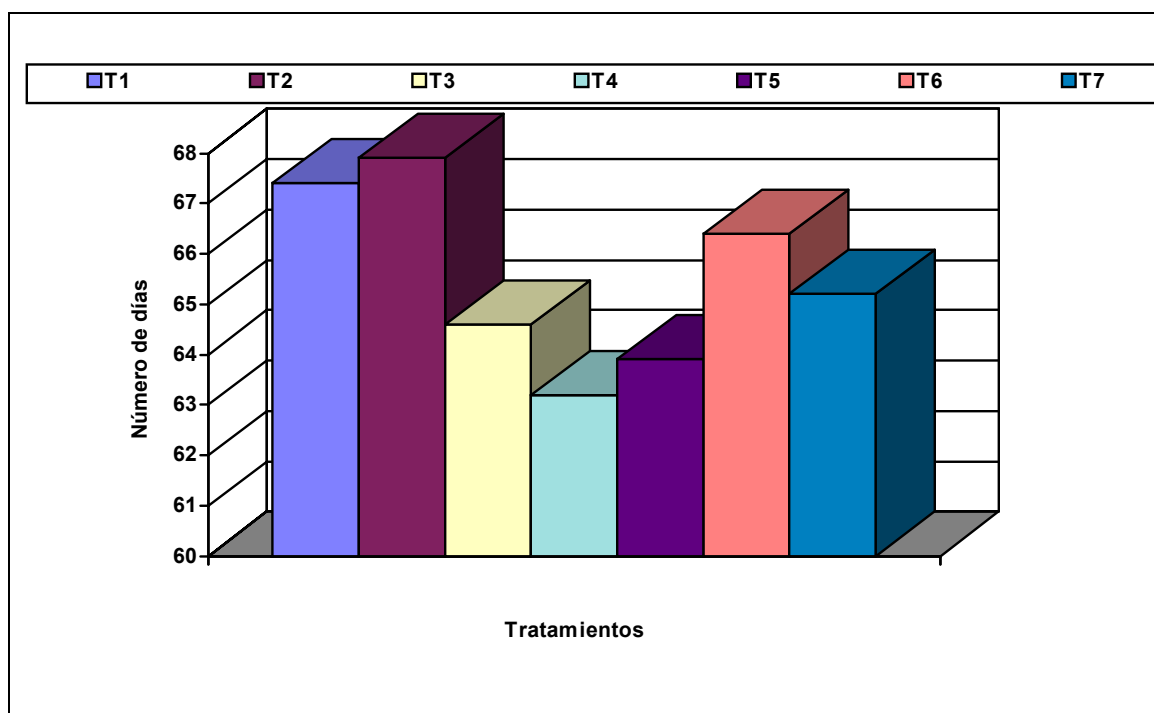


Figura 4.6.- Medias de la variable días a floración en la producción de plántulas en subirrigación en tomate, Cv. Floara Dade, CIQA, 1997.

Rendimiento

Número de frutos / m².

Al realizar el ANVA para esta variable, se manifiesta que no existió diferencia significativa entre tratamientos, y esto se puede observar en las medias obtenidas que se presentan en el cuadro y figura 4.7. El rendimiento máximo obtenido fué en respuesta a la combinación de la subirrigación, fertirrigación y acolchado.

Cuadro 4.7.- Medias de la variable, número de frutos / m², en la producción de plántula en subirrigación de tomate Cv. Flora Dade, CIQA, 1997.

Tratamiento	Número de frutos / m ²
1	86.2
2	91.5
3	85.7
4	91.0
5	81.1
6	71.7
7	73.1
C.V. (%)	20.36
Sig.	ns

Estos resultados concuerdan con lo que mencionó Decoteau et., al, 1996 y Brow, 1991, que el acolchado acelera la madurez temprana obteniendo mejor calidad. Y según Casas, 1991, el uso de la subirrigación se encamina a

minimizar los deterioros en el sistema radicular de las plántulas; Disminuyendo con esto los retrasos al momento del transplante y reflejándose en una mayor precosidad.

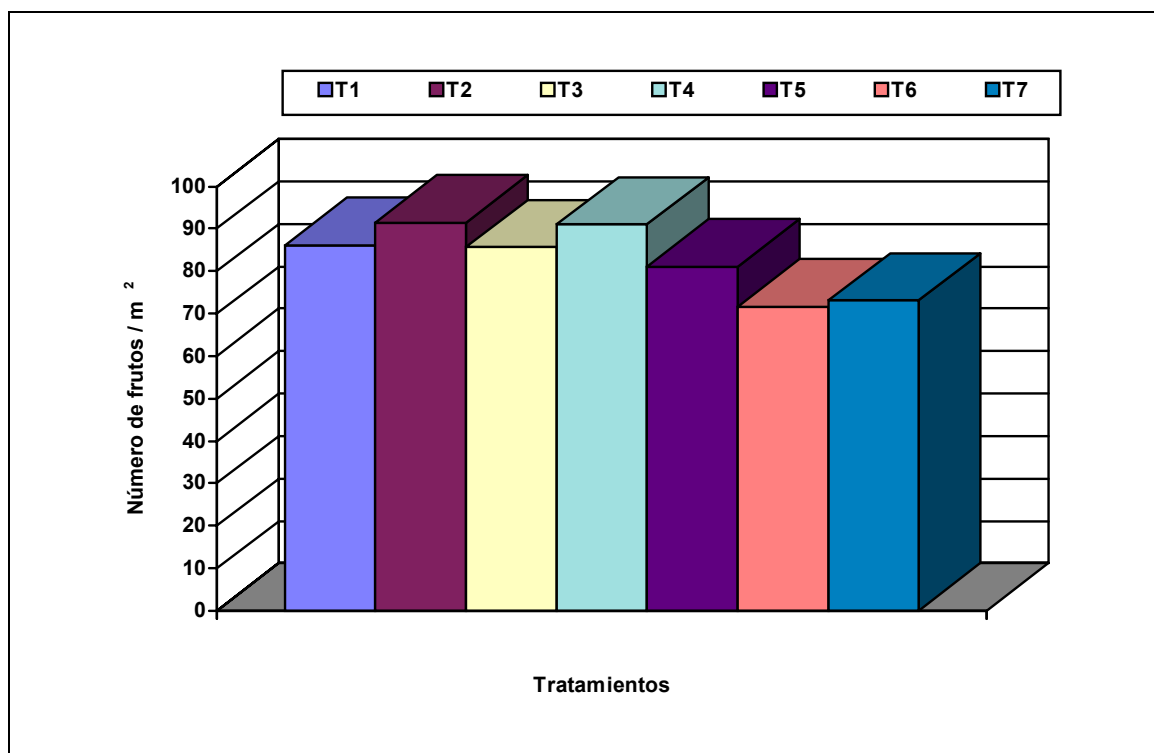


Figura 4.7.- Medias para la variable número de frutos / m², en la producción de plántula en subirrigación de tomate, Cv. Flora Dade, CIQA, 1997.

Rendimiento total

Una vez efectuado el ANVA, estadísticamente no existió diferencia significativa, pero en el caso de los tratamientos 3 y 4, presentaron un rendimiento de 77 y 78.3 ton./ ha., a diferencia del testigo regional que solo alcanzó 69.2 ton / ha y el testigo absoluto con 75.9 ton / h, estos datos se muestran en el cuadro y figura 4.8.

A continuación, del rendimiento total se describen las cantidades obtenidas tanto de fruto para mercado nacional así como frutos para exportación. Para tal efecto, en 1991 el Departamento de Agricultura de E.E.U.U. (USDA), reformó las reglas de calibradura que se usan para clasificar los tomates. En vez de usar el sistema antiguo (ej. 6 x 6, números de tomate por piso en la caja) ahora se usan solo cuatro categorías de acuerdo al diámetro del fruto. Las cuatro categorías son las siguientes: Pequeño 5.4 - 5.8 cm, mediano 5.8 - 6.4 cm, grandes 6.4 - 7.0 cm y extra grandes diámetro mayor que 7.0, por lo que no se pueden combinar diferentes calibres en la misma caja.

Para este trabajo se tomó para mercado nacional el diámetro menor a 5.7 y para exportación un diámetro mayor a 5.7, estos datos se muestran en el cuadro 4.8.

Es importante mencionar que el tratamiento 4 fué uno de los mas altos en número de frutos/m² y el mas alto en el rendimiento total y para exportación, superando para este último rubro el tratamiento dos con 3.1 ton y con 10.4 al tratamiento 1. Estos resultados indican que incrementando la calidad de plántula se pueden incrementar

los rendimientos y la calidad de tomates, tal como lo mencionan Wageningen, 1994; Ennis, 1997; Mojarro, 1997.

Cuadro 4.8.- Medias de la variable rendimiento total, en la producción de plántula en subirrigación de tomate, Cv. Flora Dade, CIQA, 1997.

Tratamiento	Rendimiento total (Ton / ha)	Total de fruto nacional (Ton/ ha)	Total de fruto para exportación (Ton / ha)
1	69.2	32.9	36.3
2	75.9	32.7	43.1
3	77.0	34.2	42.8
4	78.3	31.5	46.7
5	69.5	30.8	38.6
6	64.5	29.0	35.4
7	64.9	27.9	37.0
C.V. (%)	15.48		
Sig.	ns		

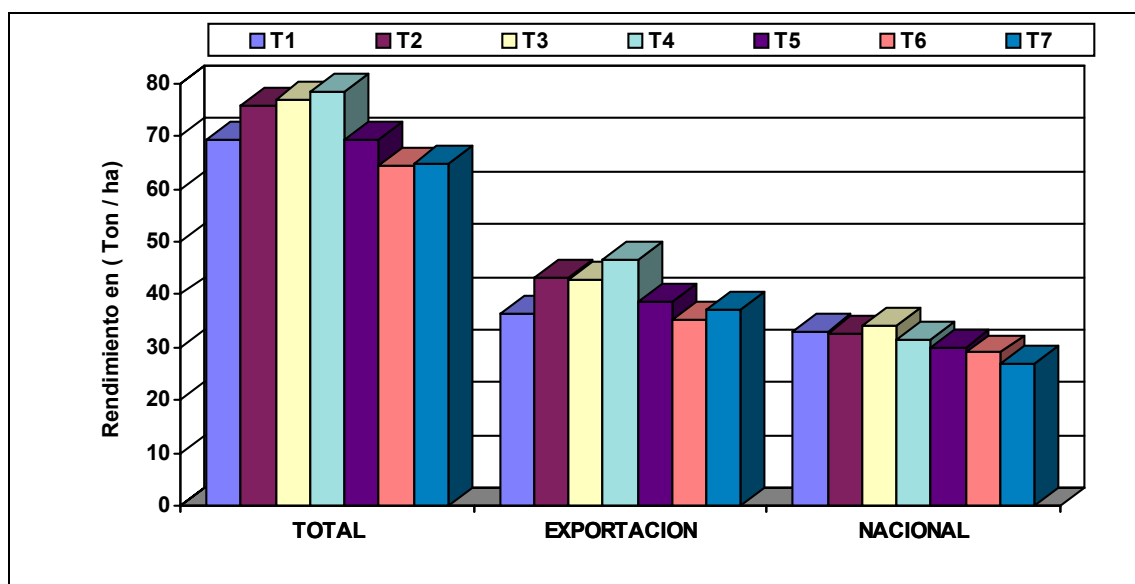


Figura 4.8.- Medias de la variable rendimiento (ton / ha) en la producción de plántula en subirrigación de tomate, Cv. Flora Dade, CIQA, 1997.

V. - RESUMEN

El panorama de la producción de hortalizas está teniendo un incremento en cuanto a las superficies y volúmenes de producción. Es por ello que con la obtención de plántulas de buena calidad provenientes de semillas sanas, impone una mayor eficiencia en el desarrollo y rendimiento.

Para tal efecto, el presente trabajo se llevó a cabo en el campo experimental del Centro de Investigación en Química aplicada (CIQA), localizado al noreste de Saltillo, Coahuila, cuyo principal objetivo fué la de encontrar una solución nutritiva que incremente la calidad de plántula y refleje un buen desarrollo y rendimiento conociendo así sus requerimientos nutricionales.

Para esta investigación, se empleó un diseño experimental en Bloques al Azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, teniendo en total 28 unidades experimentales. Los tratamientos empleados fueron los siguientes: 1).- Testigo regional, sin subirrigación; 2).-Testigo absoluto, con subirrigación, solo en agua; 3).- Solución con Raizal; 4).- Solución propuesta por la Corporación Hidropónica de México, S.A. de C.V.; 5).-

Solución propuesta por el Centro Demostrativo y de Capacitación Campesina de Tezoyuca Morelos; 6).- Solución nutritiva propuesta por Mavrogiannopoulos y Papadakis, 1987; 7).- Solución propuesta por Day en 1991.

Los resultados obtenidos en esta investigación son satisfactorios, aún con la presencia de bajas temperaturas registradas. Con esto las mejores soluciones encontradas para la producción de plántulas en subirrigación fueron: La solución propuesta por la Corporación Hidropónica de México, S.A. de C.V. y la solución con Raizal.

Finalmente, la constante dedicación, integración y combinación de nuevas formas de producción, no solo de plántulas, sino en el entorno general de nuestro campo agrícola, es una de las perspectivas más importantes y sobresalientes para nuestro país.

VI.-CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados, se puede decir que se obtuvieron resultados satisfactorios aún con las

adversidades del tiempo, por lo que finalmente se concluye lo siguiente:

* Las mejores soluciones encontradas, fueron: La solución propuesta por la Corporación Hidropónica de México, S.A. de C. V., y Raizal.

* La calidad de la plántula obtenida de los mejores tratamientos, se reflejó en el buen desarrollo y por lo tanto en altos rendimientos.

* La integración de tecnología en el uso de las soluciones nutritivas para la producción de plántulas de tomate en subirrigación, combinadas con la fertirrigación y acolchado plástico, reflejan una tendencia positiva.

* La producción máxima total y de exportación, obtenida del tratamiento 4 (Solución Propuesta por la Corporación Hidropónica de México S.A. de C. V., aumentó con un rendimiento de 9 ton/ha y 10.7 ton/ha respectivamente, comparado con el testigo regional.

VII.-BIBLIOGRAFIA

- Abad M. 1991. Los sustratos hortícolas: características y manejo. II Congreso nacional de fertirrigación. Edita FIAPA. Pp 1-15. España
- Achtnich, W. 1972. Recent developments in water distribution and application with special reference to sprinkler irrigation. In FAO: Series Irrigation and dranaige, paper No. 13. Water Use Seminar Damascus, Syria. 7-13 dec. 1971. Pp 186-210.
- Anónimo. 1983. Apuntes sobre fertilizantes fluidos, producción, uso racional y comercialización. Fertimex, México.
- Arellano, G., M. A. 1993. Fertirrigación 4°. Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura. CIQA, Saltillo, Coahuila, México.
- Burgeño, C. H. 1992. Fertirrigación 3°. Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura. CIQA, México. Pp 19-20.
- Casas, M. F. 1996. Riego por subirrigación. Revista Horticultura No.116. España.
- Garton. 1995. El Manajo Cuidadoso Mejora las Eras de Trasplante. Productores de Hortalizas, Agosto, Pp 38-40. México.
- Padilla Ma. I. 1996. Los Trasplantes en la Producción de Sandía. Productores de Hortalizas, Julio, Pp 26-27, México.

- Rosa. E. 1996. Evolución de los sistemas de producción de plántales. Horticultura Internacional. No 12 pp 24-26 España
- Ennis J. 1997. Como criar niños y cultivos vigorosos. Revista Productores de Hortalizas. Año 6, No. 9. México.
- González F. P. 1991. La fertirrigación. Curso internacional sobre "agrotecnia del cultivo de invernaderos"pp 224- 226
- Fernández J. A. 1995. El momento de transplante y tamaño del contenedor afecta al crecimiento y desarrollo de la producción de coliflor. VI congreso de sociedad española de ciencias hortícolas. Revista horticultura 107 , 1995. Pp 73
- Kramer J. P. 1976. Relaciones hídricas de suelo y plantas. Primera edición, 1974 Editorial Edutex. México.
- Lira S. R. H. 1994. Fisiología vegetal. Editorial Trillas. UAAAN. Pp 211. México.
- López G. J. 1991. La fertirrigación. Curso internacional sobre " Agrotecnia del Cultivo en Invernaderos". Editado por FIAPA. Pp 298. España.
- Márquez M. Y. y Zamora J. J. 1978. Guía para el control de los hongos del suelo en el cultivo del tomate, utilizando el sistema de fertirrigación. Merck, Sharpy Dohw, México.
- Mojarro B. 1997. Precocidad y alto rendimiento. Revista Productores de Hortalizas mayo. pp 26-28. México.

- Orgaz R. F. 1991. El Agua: Necesidad de los cultivos y manejo del riego localizado. 1^{er}. Curso internacional sobre agrotecnia del cultivo en invernaderos. Almeria. España.
- Tisdale S. L. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial Unión Tipográfica, Hispano-Americana. Pp 78 - 115. México.
- W. Bob. 1995. Características técnicas y aplicaciones del musgo base (peat-moss). Tecnologías agrícolas con plásticos. Simposium internacional 1995. León, Gto. México. pp 4-7.
- Wageningen T. 1994. Por aquí empieza una buena semilla. Rev. Horticultura No 99. España
- Weaver R. J. 1996. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. 8^a Reimp. Editorial Trillas. Pp 114 - 115. México.