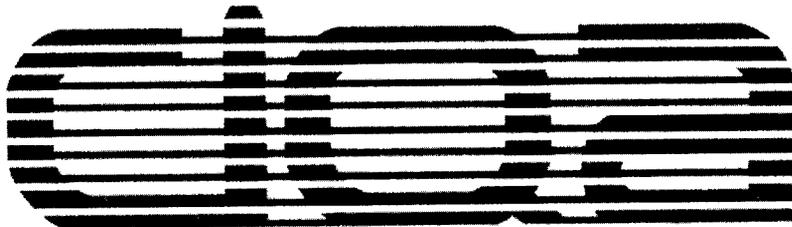


CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



**MANEJO DEL FERTIRRIEGO EN TOMATE BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN CON PLASTICOS**

CASO DE ESTUDIO

**Presentada como Requisito Parcial
para Obtener el Grado de:**

**ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA
OPCIÓN TERMINAL EN AGROPLASTICULTURA**

Por:

CÀRDENAS PALOMO JOSÉ OMAR



CENTRO DE INFORMACIÓN

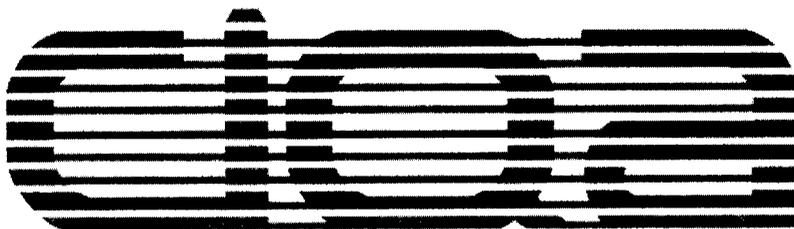
15 ABR 2005

RECIBIDO

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2004.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



HACE CONSTAR QUE EL CASO DE ESTUDIO TITULADO:

**MANEJO DEL FERTIRRIEGO EN TOMATE BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN CON PLASTICOS**

PRESENTADO POR:

CÀRDENAS PALOMO JOSÉ OMAR

REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

**ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA
OPCIÓN TERMINAL EN AGROPLASTICULTURA**

HA SIDO DIRIGIDO POR:

M.C BOANERGES CEDEÑO RUBALCABA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



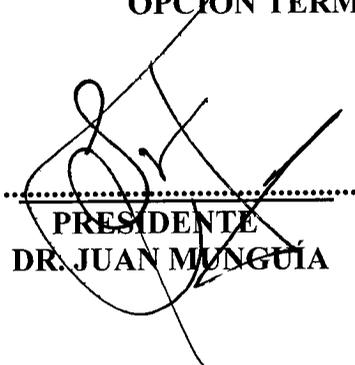
A TRAVÉS DEL JURADO EXAMINADOR HACE CONSTAR QUE EL CASO DE ESTUDIO
MANEJO DEL FERTIRRIEGO EN TOMATE BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN CON PLASTICOS

QUE PRESENTA:

CÁRDENAS PALOMO JOSÉ OMAR

HA SIDO ACEPTADO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA
OPCIÓN TERMINAL EN AGROPLASTICULTURA


PRESIDENTE
DR. JUAN MUNGUÍA


VOCAL
DR. LUIS IBARRA

DEDICATORIA

A DIOS por permitirme disfrutar de esta gran vida y oportunidad de existir y de disfrutar de este maravilloso mundo, por mi parte tratare de ser justo para que el día de que el destino me alcance rendir buenas cuentas.

PARA LAS PERSONAS QUE MAS AMO:

A MIS PADRES: Por haber creído en mi y por darme todo el apoyo que yo necesitaba.

Sra. Ma. Guadalupe Ayala Torres.

Sr. Servando Cárdenas Govea.

A MIS HERMANOS: Por acompañarme en los buenos y malos momentos.

Servando, Miguel, Edgar, Montse y Magie.

Cuñadas:

Judith, Kary.

Sobrino:

Josué

PARA TI: Por haberme apoyado en cada momento y ser la musa de mi existir.

Susy

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme permitido lograr una meta mas en mi vida.

A CIQA.

*A los maestros de la especialidad de agroplásticos;
M.C. Boanerges, Dr. Juan, DR Luis, M.C. Juanita, M.C. Rosario Por haberme
apoyado con la asesoría necesaria para realizar esta monografía y por compartir
sus conocimientos.*

*A compañeros de CIQA de la especialidad de agro plásticos: Sagrario, Ana,
Eduardo, Benito, Aldana, Felipe, Gaspar, Pablo.*

A personal de CIQA;

Iliana

Nancy,

Imelida

INDICE

INTRODUCCIÓN -----	1
REVISIÓN BIBLIOGRAFICA -----	3
Generalidades del Cultivo -----	3
Fertirrigación -----	4
Importancia del Fertirriego -----	5
Parámetros para la Calidad Química del Riego -----	6
pH -----	6
Conductividad Eléctrica -----	7
Carbonatos y Bicarbonatos -----	7
Ventajas y Limitaciones del Fertirriego -----	8
Los Fertilizantes y su uso en el Fertirriego -----	13
Características Generales de los Fertilizantes para el Fertirriego -----	14
Características Particulares de los Fertilizantes para el Fertirriego -----	15
Solubilidad -----	15
Conductividad Eléctrica -----	16
pH -----	17
Temperatura-----	18
Compatibilidad -----	20
Equipos de Inyección -----	21
Sistemas de Producción con Plásticos -----	21
Túneles bajos o microtuneles en el cultivo de tomate -----	21
Los Acolchados Plásticos en la Producción de Tomate-----	22
Diagnóstico Foliar para el Cultivo de Tomate bajo Cubierta de Acolchado-----	22
Extracciones de Nutrimientos por el Cultivo de Tomate bajo Cubierta de Acolchado -----	25
Fertilización cultivo de tomate con acolchado -----	26
Manejo de la Nutrición de Tomate en Invernadero -----	27
ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO -----	35
AREAS DE OPORTUNIDAD (APLICACIONES) -----	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	44
NOMENCLATURA -----	45
REFERENCIAS -----	46

I. INTRODUCCIÓN

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico, su demanda se incrementa continuamente y con ella la superficie cultivada, producción y comercialización. En México el tomate está considerado como la segunda especie hortícola más importante por la superficie sembrada que ocupa y como la primera por su valor de producción (Valadez, 1994).

El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada (INFOAGRO, 2004).

Los sistemas de producción agrícola han sufrido algunas transformaciones importantes gracias a la generación de técnicas que permiten incrementar los rendimientos por unidad de superficie, estas formas de producción involucran el uso de plásticos para el acolchado de suelos, para la cubierta de invernaderos, para los sistemas de riego, fertirrigación, para el sombreado de las plantas y la sanidad de los cultivos, entre otros usos. (Rodríguez, 2004).

Uno de los factores de mayor importancia para aumentar los rendimientos de las cosechas del cultivo de tomate es la aplicación de fertilizantes ya que son sustancias que se aplican para proporcionar uno o más de los elementos que son nutrimentos esenciales para que las plantas realicen sus funciones fisiológicas (Cook., 1983).

El empleo de fertirriego tiene como finalidad optimizar el agua y los fertilizantes y la energía, además tienen que responder a la frecuencia de riego y a la cantidad de agua a aplicar (¿qué cantidad?), estas vienen impuestas por las características del sustrato, el volumen, geometría y tamaño del contenedor (Muñoz y Castellanos, 2004).



La utilización de plásticos y fertirriego en comparación con sistemas de producción tradicionales eficientiza costos correspondientes a energía, equipo, fertilizantes, agroquímicos y agua utilizada, por lo que en el presente trabajo se planteo como objetivo recopilar información del manejo del ferirriego en el cultivo de tomate bajo diferentes sistemas de producción con la utilización de plásticos, para determinar el impacto en rendimiento y calidad del cultivo de tomate. (Rodríguez, 2004, Cook., 1983, Muñoz y Castellanos, 2004, Ibarra 1991, Cadahia, 1991)



II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

Generalidades del Cultivo

El origen del género *Lycopersicon* se localiza en la región andina que se extiende desde el Sur de Colombia al Norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó, quizá porque crece como mala hierba entre los huertos. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, para entonces ya servían como alimento en España e Italia. En otros países Europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países Asiáticos, y de Europa, también se difundió a Estados Unidos y Canadá (INFOAGRO, 2004).

Es una planta anual en su cultivo y puede ser perenne en zonas tropicales o invernaderos, esta es una hortaliza de clima cálido que no tolera heladas, la temperatura para su desarrollo oscila entre 21°C y 24°C siendo la óptima de 22°C, es considerada como una hortaliza tolerante a la acidez, con valores de pH 6.8 – 5.0, en lo referente a la salinidad, se clasifica como medianamente tolerante con valores máximos de 6440 ppm. (10 ds/m.), el tomate se desarrolla tanto en suelos pesados (arcillosos), como en suelos livianos (arenosos) siendo los mejores los arenosos y limo arenosos con buen drenaje, de acuerdo con el crecimiento, las plantas se clasifican en determinadas e indeterminadas con diferentes formas de frutos y colores. época de siembra, en menor y mayor escala es durante todo el año en nuestro país, siendo zonificado dependiendo de las condiciones climatológicas de cada estado. Las densidades de población van desde las 18,000 a 33,000 plantas / ha. Entre las prácticas culturales que se realizan al cultivo destacan la aplicación de herbicidas, estacado, poda, escarda, aporques y riegos, es una de las hortalizas más frecuentada por insectos plaga,



enfermedades patológicas y fisiológicas y estas se presentan desde plántula hasta cosecha de los frutos (Valadez, 1994).

En la actualidad la aportación de nutrimentos en el cultivo de tomate se realiza principalmente a través de sistemas de riego.

Fertirrigación

Es la aportación de nutrimentos a las plantas en las cantidades necesarias y momentos oportunos a través del sistema de riego (GOTEO) (Banco de Información Agropecuaria, 2003).

Consiste, en disolver los fertilizantes en el agua de riego y su posterior distribución a través de las líneas regantes y su aplicación mediante emisores (Muñoz y Castellanos, 2004).

Se entiende por fertirrigación la aplicación de los fertilizantes y más concretamente, la de los elementos nutrimentales que precisan los cultivos, con el agua de riego. La fertirrigación permite una mayor flexibilidad en la aplicación de los fertilizantes comparado con los métodos tradicionales, debido a la posibilidad de fertilizar en cualquier momento durante el riego. Además, el fertirriego se adapta a todos los sistemas de riego por presión tales como la aspersión, goteo, microaspersión, pivote central, etc. El método se adapta bien a las necesidades de los productores tanto desde el punto de vista económico como el profesional con muchas ventajas comparado con los métodos convencionales (CIQA, 2001).

En fertirrigación, se comprende que su mayor utilidad se consiga con aplicaciones periódicas, en dosis bajas, a lo largo de la campaña de riego, de acuerdo a las necesidades de las plantas y no de una sola vez (Burgueño, 1999).

El sistema de fertirrigación, hoy por hoy es el método más racional de que disponemos para realizar una fertilización optimizada. Por lo tanto, la proyección económica de la nueva tecnología de fertirrigación es enorme. Se trata de un método de fertilización muy distinto al tradicional (Cadahia, 1991).



Es la aplicación de fertilizantes en el tiempo correcto a través del sistema de riego, en el lugar donde requieren alimentarse las raíces durante el periodo de su desarrollo. Para reducir la cantidad de fertilizante y el intervalo entre las aplicaciones, es posible mantener un nivel uniforme de nutrimentos y controlar el suministro al suelo de acuerdo con el crecimiento y desarrollo del cultivo. De esta manera el riego por goteo puede ser utilizado no solo como un método de aplicación de agua, si no también para transportar el fertilizante al lugar deseado en el tiempo apropiado (Goldberg, *et al*, 1976).

Importancia del Fertirriego

El fertirriego es de gran importancia ya que estimula un mejor desarrollo de los cultivos, por otro lado es sabido que, una óptima utilización de los fertilizantes, redundará en mayores ganancias tanto para el consumidor como para el productor, se hace necesario agregar a estos conocimientos para la utilización de mayor tecnología como el uso de plásticos (Cedeño, 1993).

Algunos de los aspectos que han contribuido a incrementar la producción agrícola han sido la utilización de semillas seleccionadas, y el buen control de plagas, enfermedades y malezas, sin embargo en la mayoría de los casos habría sido imposible aumentar dicho rendimiento si no se hubiera dispuesto de fertilizantes que proporcionaran los nutrimentos necesarios y requeridos por los cultivos y que fueron aportados a través de una buena fertilización (Cedeño, 1993).

Los fertilizantes son sustancias que se aplican para aumentar los rendimientos de las cosechas al proporcionar uno o más de los elementos que son nutrimentos esenciales en las plantas (Cook, 1983)

La aplicación de los nutrimentos de las plantas por medio de los sistemas de fertirrigación es conveniente y eficiente, reduce los costos en el trabajo, energía y equipo utilizado en comparación con los métodos tradicionales de aplicación de fertilizantes a la superficie del terreno (Cedeño, 1993).



Parámetros para la Calidad Química del Riego

Las aguas de riego contienen determinada cantidad de sales solubles. El agua es disolvente y vehículo de nutrientes, manejada incorrectamente puede originar salinización en el medio de cultivo. Realizar análisis de agua de riego, da la pauta para determinar su tratamiento, adecuación y formulación de la solución nutritiva por aplicar en el fertirriego, de acuerdo a las necesidades de la planta, condiciones de suelo o sustrato y clima (Rodríguez, 2004).

Las determinaciones mas importantes para conocer la calidad química de agua de riego y su posible uso en el fertirriego son: pH, SO₄, NO₃, C.E, Ca, NH₄, CO₃, Mg, B, HCO₃, Na, P, Cl, K. (Rodríguez, 2004).

Los parámetros de agua a determinar involucran los siguientes: sales inorgánicas, microorganismos, ferro bacterial, dureza, hierro, bacterias, reductoras de SO₄, sólidos en suspensión, oxígeno disuelto, sales totales, sólidos solubles, acido sulfhídrico (Rodríguez, 2004).

A continuación se Describen los Parámetros más Importantes del Agua para la Operación del Fertirriego.

pH

Son muy variadas las razones por las cuales se debe establecer un pH apropiado, tanto en los tanques de solución nutritiva así como en el flujo de agua de riego, un pH adecuado ayuda a prevenir reacciones químicas de fertilizantes en las líneas de conducción, proporciona una buena asimilación de los diferentes nutrimentos, especialmente fósforo y micronutrientes, un valor de pH elevado puede causar problemas de obstrucciones en los diferentes componentes del sistema de fertirrigación debido a la formación de precipitados, en otros casos un pH muy bajo facilita la asimilación de elementos tóxicos para la planta, por lo que es



recomendable mantener el pH a 5-6 antes de la aportación de los nutrimentos (Rodríguez, 2004; Valdez, *et al*, 2001).

Conductividad Eléctrica. (C.E)

En términos generales cuando se habla de la calidad del agua de riego, se hace inferencia a la calidad del agua en relación a la salinidad, sin embargo, es importante considerar que existen otros criterios de calidad, tal es el caso de los aspectos microbiológicos y los físicos, entre otros; aspectos que son de suma importancia tratándose de la fertirrigación (Rodríguez, 2004).

El agua utilizada con fines de riego tiene un determinado contenido de sales solubles, debe tener una C.E de 0.2, si es más alta disminuye la absorción de agua puesto que existe una mayor presión osmótica externa contenido que es determinado al medir la Conductividad Eléctrica (CE), (Rodríguez, 2004; Valdez, *et al*, 2001).

La salinidad es una forma de medir el contenido de sólidos disueltos en el agua de riego, y conforme estos se agrega al agua se conduce más fácilmente la corriente eléctrica; midiéndose esta conductividad en ds/m, (Rodríguez, 2004).

Carbonatos y Bicarbonatos

El CO_3 y el HCO_3 están asociados con el pH, son la causa de la reacción alcalina en el agua de riego. En las soluciones nutritivas originan un efecto tampón deseable, sin embargo su presencia no es favorable por los inconvenientes que presentan al precipitar sales cálcicas en el sistema de riego, específicamente en las tuberías y emisores; por lo tanto es necesario sustituir carbonatos y bicarbonatos por otros iones (Rodríguez, 2004).

(Martínez y García, 1993); Los bicarbonatos se neutralizan con los ácidos equivalente a equivalente (1:1) y los carbonatos en la proporción de 1 a 2 (1:2)(miliequivalentes de ácido).



Se suele dejar 0.5 miliequivalentes de bicarbonato por neutralizar con lo que así el pH será del orden de 5.8.

Ventajas y Limitaciones del Fertirriego

La fertirrigación presenta una serie de ventajas a comparación de los métodos tradicionales de aplicación de fertilizantes, sin embargo, existen algunas limitaciones. A continuación presentaremos las ventajas y limitaciones más importantes. (CIQA, 2001).

Ventajas

a) Incremento en la eficiencia en la aplicación.

- El fertilizante es distribuido más uniformemente debido a que es aplicado en forma disuelta en agua de riego. Cada planta regada recibe un volumen exacto de nutrientes junto con el agua de riego (CIQA, 2001).
- Se logra una mejor penetración al suelo dado que se puede dividir la dosis de fertilizante en varias porciones, lo que incrementa la disponibilidad de nutrientes (CIQA, 2001).
- Se reducen las pérdidas de fertilizante desde la superficie del suelo por volatilización de nitrógeno (CIQA, 2001).
- Existe la posibilidad de ajustar la fertilización a las distintas fases del ciclo del crecimiento del cultivo, como el vegetativo, floración, cuajado, etc, (CIQA, 2001).
- La fertirrigación permite aplicar los nutrientes según los requerimientos del cultivo, con la posibilidad de cambiar las relaciones entre los mismos durante el ciclo del cultivo (CIQA, 2001).



- En algunos casos, el solo hecho de dividir las dosis de fertilizante recomendada en pequeñas porciones reduce a un tercio el volumen total del fertilizante aplicado (CIQA, 2001).
- En el riego por goteo, el fertilizante no puede ser aplicado en forma eficiente de otra manera. Debido a que el método moja un volumen de suelo reducido, es imperativo que los nutrientes aplicados lleguen al área humedecida únicamente, en donde se encuentra el sistema radicular activo (CIQA, 2001).

b) Control y dosificación

- Los volúmenes exactos de fertilizante aplicados pueden ser regulados de tal manera que pueden ser inyectados al sistema por medio del sistemas de control automáticos según programas preestablecidos. La posibilidad de controlar en forma total el proceso, permite la aplicación de micronutrientes a través del sistema de riego. Estos son productos caros y la posibilidad de aplicarlos en pequeñas dosis durante un periodo de tiempo extenso, incrementa su disponibilidad en forma significativa, eliminando en muchos casos su aplicación foliar (CIQA, 2001).
- La fertirrigación se ajusta fácilmente a los sistemas modernos de control automático del riego, lo que incrementa la exactitud (CIQA, 2001).

c) Control de profundidad y tiempo de aplicación

- Las aplicaciones frecuentes y en dosis bajas evitan la percolación. Perdidas producidas por lluvias y frecuentes riegos que lavan los nutrientes por debajo de la zona radicular son evitadas (quelatos, por ejemplo). Existen casos en los que es necesario aplicar fertilizante hacia el final del turno de riego, por ejemplo



urea, con el fin de evitar su lavado por debajo del sistema radicular (CIQA, 2001).

- La fertirrigación permite el mantenimiento de un nivel nutritivo apropiado en suelos de baja fertilidad, con una baja capacidad de retención de nutrientes, lo que permite cultivar suelos marginales (CIQA, 2001).

d) Ahorro de trabajo y comodidad

- La operación de los accesorios es rápida y cómoda (CIQA, 2001).
- Se ahorra en mano de obra y combustible. No se necesitan tractores para distribuir los fertilizantes. Se evita la compactación del suelo y el daño de las plantas (CIQA, 2001).

e) Posibilidad de usar fertilizantes líquidos

- Se evita el uso de grandes bolsas, disolución, filtración, etc (CIQA, 2001).
- El uso de soluciones fertilizantes compuestas en una formulación está en constante incremento. En las mismas aparecen todos los nutrimentos que la planta requiere. Estas formulaciones son preparadas en fabricas, y son más concentradas que la que puede preparar el productor disolviendo fertilizantes sólidos en el campo (CIQA, 2001).

f) Evita la necesidad de dispersar el fertilizante

- La distribución manual es complicada e inexacta. La distribución mecánica es cara y a veces dañina para el suelo debido a su compactación (CIQA, 2001).



g) Deterioro de la calidad de las aguas subterráneas

- En los últimos años la calidad de las aguas subterráneas se está deteriorando debido al uso intensivo de productos químicos. El incremento en la conciencia colectiva de la conservación de las aguas subterráneas enfatiza la necesidad de aumentar la eficiencia de aplicación de los fertilizantes, con el objetivo de evitar la contaminación de estas aguas. Esto puede ser logrado por medio del fertirriego, que posibilita un control más exacto de aplicación evitando que éstos contaminen la aguas subterráneas (CIQA, 2001).

h) Aplicaciones adicionales

- La posibilidad de aplicar una gran variedad de productos químicos a través del sistema de riego constituye una de las grandes ventajas de método. Por ejemplo, el uso del ácido clorhídrico que se usa para disolver los precipitados en el riego por goteo, herbicida, pesticida, etc (CIQA, 2001).

Limitaciones y Precauciones

a) Toxicidad

- Muchos sistemas de riego están ligados al suministro del agua potable. El agua que contiene productos químicos no puede ser bebida. Todos los operarios, al igual que transeúntes, deben ser advertidos por medio de carteles visibles con respecto al riesgo involucrado en su bebida, paralelamente, debe existir una fuente de agua potable, no para beber solamente, si no para la preparación de soluciones de pesticidas, etc (CIQA, 2001).



b) Contaminación de aguas subterráneas

- Lo que fue mencionado como una ventaja, puede constituirse como una limitación si no se riega en forma exacta con el debido monitoreo, ya que los distintos productos químicos aplicados en el agua de riego puede llegar a las aguas subterráneas de no ser aplicados en forma correcta (CIQA, 2001).

c) Adaptación de fertilizantes

- La fertirrigación se adapta a fertilizantes solubles o líquidos solamente. Muchos fertilizantes que no son completamente solubles en agua y que son muy difundidos, no son aplicables para el fertirriego (CIQA, 2001).

d) Peligro de corrosión

- Todos los componentes del sistema que entran en contacto con los materiales inyectados deben ser resistentes para reducir la corrosión al mínimo (CIQA, 2001).

e) Interacción entre los productos inyectados y el agua de riego

- Todos los materiales inyectados deben ser evaluados para determinar si reaccionan con el agua de riego. Las fuentes de cloruro que normalmente se utilizan en los sistemas de micro-riego son oxidantes, provocando la precipitación de carbonatos de calcio y magnesio, óxido de fierro (herrumbre), etc. Fertilizantes como el fósforo, el super-fosfato de calcio amoniacal puede causar reacciones similares o reacciones entre ellos (CIQA, 2001).
- Existen varios fertilizantes que elevan el pH del agua incrementando el peligro de precipitación (CIQA, 2001).



f) Requerimientos de seguridad

- Muchos fertilizantes presentan una fuerte reacción ácida, esto exige que se tengan que tomar medidas de seguridad en su manejo, como el uso de guantes, cubrir todo el cuerpo, etc, (CIQA, 2001).

g) Elevado costo inicial

- Se requieren muchos accesorios para poder llevar a cabo el fertirriego, lo que eleva el costo inicial (CIQA, 2001).

h) Dependencia de una correcta operación del sistema

- Si un componente del sistema no opera correctamente, el fertirriego no puede llevarse a cabo (CIQA, 2001).

Los Fertilizantes y su uso en el Fertirriego

Una de las formas de lograr un equilibrio nutricional en el suelo es la aplicación de los fertilizantes minerales a través de los sistemas de fertirrigación, ya que al considerar las características químicas de suelo y el agua de riego y el comportamiento de los fertilizantes al incorporarlos al sistema, se está haciendo un uso racional, oportuno y equilibrado de los fertilizantes (Rodríguez, 2004).

El fertilizante se define como un producto químico y en menor proporción orgánico, que aporta elementos nutrimentales para las plantas, se incorpora como sal inerte sin carga, que al mezclarse con el agua (ya sea del suelo o de una solución) se disocia dejando nutrientes en forma iónica, es decir elementos con carga negativa (aniones) o con carga positiva (cationes), (Rodríguez, 2004).



Características de los Fertilizantes para el Fertirriego

En este aspecto se mencionan, entre otras, tres importantes características de los fertilizantes, influyentes en un adecuado manejo de la fertirrigación: La solubilidad, la salinidad y el pH (Rodríguez, 2004).

a) Necesariamente deben ser solubles en el agua de riego. Podrán presentarse en forma sólida o líquida. Es importante señalar que la temperatura influye en la solubilidad de los fertilizantes, por lo que deberá considerarse al momento de la mezcla de los fertilizantes o su incorporación en el sistema de riego. A mayor temperatura mayor solubilidad (Rodríguez, 2004).

b) Los fertilizantes incrementan la concentración de sales del agua de riego. Los fertilizantes tienen diferente conductividad eléctrica y en la fertirrigación esta variable se utiliza para conocer la salinidad que se generará en la solución nutritiva y en la solución del suelo, lo que permitirá establecer la concentración salina a una presión osmótica que no disminuya el rendimiento de los cultivos. Se recomienda que los abonos no aumenten más allá de un mmhos/cm la conductividad eléctrica del agua de riego, es por tal razón que en ocasiones deberá fraccionarse lo más posible la fertilización, siendo ideal que la C.E. del agua más la de los fertilizantes se encuentre entre 2 y 3 ds/m siempre y cuando no supere los límites de tolerancia de la planta, que son diferentes para cada cultivo (Rodríguez, 2004).

c) Al ser los fertilizantes sales altamente disociables influyen en las propiedades químicas del agua, particularmente en el pH; los fertilizantes presentan un pH distinto en solución o al mezclarse con el agua de riego, si el fertilizante incrementó el pH se tendrán riesgos de precipitados, si lo baja disminuirá el riesgo de precipitados en los emisores. A los fertilizantes solubles se les mide su pH en una solución de 1 g/l a 20°C. Algunos fertilizantes al inicio presentan un pH alcalino en el agua, pero al incorporarse al suelo tienen una reacción acidificante (Rodríguez, 2004).



Características Particulares de los Fertilizantes para el Fertirriego

Solubilidad

A mayor pureza y temperatura, mayor será la solubilidad. En diversa literatura se presentan tablas de solubilidad estandarizadas a 20°C para distintos fertilizantes como se observa en el (cuadro. 2.1) sin embargo, como la calidad de agua es diferente, estas pruebas se realizan con agua destilada y posiblemente la solubilidad en un lugar en particular pudiera ser menor (Rodríguez, 2004).

Cuadro 2.1.- Solubilidad de algunos fertilizantes a 20°C

Fertilizante	Solubilidad g/l
Nitrato de Calcio	1200
Nitrato de Amonio	1700
Sulfato de Amonio	500
Urea	500
Nitrato de Potasio	300
Sulfato de Potasio	110
Fosfato Monopotásico	200
Fosfato Monoamónico	200
Sulfato de Magnesio	700
Nitrato de Magnesio	550
Cloruro de Potasio	350
Bórax	50

(Rodríguez, 2004).

Lo anterior nos sirve de orientación, sin embargo se tiene que considerar que en el caso de los fertilizantes nitrogenados producen una reacción endotérmica, es decir enfrían el agua en la que se disuelve el fertilizante, incluso bajan la temperatura a 0°C disminuyendo de esta manera la solubilidad de otro abono a disolver en la solución (Rodríguez, 2004).



La selección de las concentraciones de nutrientes a utilizar es sin embargo un aspecto muy importante que a menudo no es discutido en forma apropiada u objetiva. Esto es en particular en el caso de las aplicaciones del nitrógeno (N). La determinación de la concentración adecuada de (N) en una solución hidropónica o de fertirriego puede calcularse empíricamente usando la tasa de crecimiento del cultivo, la tasa de transpiración, y la concentración promedio de N en el tejido vegetal (Rodríguez, 2004).

En la cuadro 2.2 se ilustra la variación de la solubilidad de Nitrato de amonio en función de la temperatura.

Cuadro 2.2.- Solubilidad del Nitrato de amonio (33.5%) según temperatura

Temperatura °C	Solubilidad g/L de agua
18	1520
22	1700
24	1720
26	1760
28	1820

(Fesa-Enfersa, 1991)

Conductividad Eléctrica

En condiciones de agua y/o suelo con determinada salinidad, el conocer este parámetro del fertilizante permitir elegir aquellos que presentan una baja conductividad eléctrica. Caso contrario se podrán utilizar los que generan mayor conductividad; en este último caso en algunos cultivos, dependiendo de la fase fenológica, se busca incrementar la conductividad eléctrica de la solución del suelo para buscar un determinado beneficio (Rodríguez, 2004).

En el cuadro 2.3 se muestra la Conductividad Eléctrica de algunos fertilizantes comerciales en una disolución con 0.5 g/l de agua pura.

Cuadro 2.3.- Conductividad Eléctrica de algunos fertilizantes comerciales en una disolución con 0.5 g/l de agua pura.

Fertilizante	C. E. ds/cm
Nitrato de Amonio	850
Nitrato de Potasio	693
Nitrato de Calcio	605
Nitrato de Magnesio	448
Sulfato de Amonio	1033
Sulfato de Magnesio	410
Sulfato de Potasio	880
Fosfato Monoamónico	455
Fosfato Monopotásico	375
Cloruro de Potasio	948

(Muñoz y Castellanos, 2003)

pH

Todos los fertilizantes tienen diferente pH en solución. Es otro parámetro para la elección del fertilizante, ya que dependiendo de las condiciones del agua, del suelo o los requerimientos de la planta, será la reacción del fertilizante a utilizar (Rodríguez, 2004).

La calidad del agua en su contenido de HCO_3 y las características de los fertilizantes tienen una relación estrecha con el pH. El manejo del pH en la preparación de la solución nutritiva y en su incorporación al suelo a través del sistema de riego por goteo, evitará que se tengan precipitados insolubles que obturen los emisores y que se desequilibre nutricionalmente la solución (Rodríguez, 2004).

Los fertilizantes tienen diferentes reacciones en la solución nutritiva en el (cuadro 2.4) se muestran las reacciones de los diferentes fertilizantes



Cuadro 2.4.- Reacción de los fertilizantes.

Fertilizante	Reacción
Nitrato de Amonio	Ácida
Nitrato de Potasio	Básica
Nitrato de Calcio	Básica
Nitrato de Magnesio	Neutral
Sulfato de Amonio	Muy ácida
Sulfato de Magnesio	Neutral
Sulfato de Potasio	Neutral
Fosfato Monoamónico	Acido
Fosfato Monopotásico	Básica
Hidróxido de Calcio	Básica

(Rodríguez, 2004).

Temperatura

Los fertilizantes al mezclarse con el agua pueden presentar reacciones térmicas que cambian la temperatura de la solución e influyen en la solubilidad de los fertilizantes a incorporar. La mayoría de los fertilizantes tienen una reacción endotérmica (nitratos, urea, amonios) al solubilizarse en el agua, es decir bajan la temperatura de la solución al incorporarse. Es importante considerar este fenómeno en la época invernal o cuando se trabaja con aguas frías (Rodríguez, 2004).

Su uso se debe realizar con los cuidados requeridos para su mezcla. Siempre aplicar el ácido al agua, nunca al revés.

Al preparar soluciones madre con diferentes fertilizantes, al momento de incrementar la concentración la temperatura se modifica significativamente en algunos casos como se muestra en los cuadros 2.5, 2.6 y 2.7.



Cuadro 2.5.- Solución madre de nitrato de amonio

Concentración %	pH	C.E ds/m	Temperatura inicial °C	Temperatura Final °C
1	5.17	11.58	26	24.0
5	5.05	16.82	26	22.4
10	5.00	41.40	26	18.8
25	4.80	71.50	26	8.3
50	4.78	116.5	26	-3.0

(Fesa-Enfersa, 1991)

Cuadro 2.6.- Solución madre de urea

Concentración %	pH	C.E ds/m	Temperatura inicial °C	Temperatura Final °C
1	7.28	41.9	24.7	24.1
5	8.98	76.4	24.7	21.8
10	9.20	106.9	24.4	18.8
25	9.61	182.8	24.6	11.2
50	9.65	482.0	24.5	5.0

(Fesa-Enfersa, 1991)

Cuadro 2.7.- Solución madre de Sulfato de Amonio

Concentración %	pH	C.E ds/m	Temperatura inicial °C	Temperatura Final °C
1	5.61	13.69	24.9	24.0
5	5.62	35.7	24.6	23.9
10	5.72	60.0	24.8	23.4
25	5.83	72.0	24.9	22.1
50	5.87	87.9	24.7	20.5

(Fesa-Enfersa, 1991)



Compatibilidad

Los fertilizantes por su composición iónica, pueden interactuar entre si y precipitar perdiendo su eficiencia y posiblemente obturar los emisores. En el cuadro 2.8 podemos observar la compatibilidad de los principales fertilizantes comerciales, que nos permite orientarnos para realizar correctamente la solución nutritiva. Una de las incompatibilidades iónicas mas importantes en seco o en el agua se da en los siguientes aniones y cationes:

$\text{Ca}^{++}/\text{HPO}_4^-$
$\text{Ca}^{++}/\text{SO}_4^-$

Cuadro 2.8.- Compatibilidad de los fertilizantes.

Nitrato de Amonio											
E	Nitrato de Calcio										
I	I	Amoniaco Anhidro									
E	I	L	Sulfato de Magnesio								
I	E	L	E	Urea							
C	I	L	E	E	Sulfato de Amonio						
C	I	I	E	L	C	Fosfato Monoamonico					
C	I	I	E	L	C	L	Fosfato Diamónico				
C	I	I	E	L	C	C	C	Fosfato Monopotásico			
C	L	I	E	L	C	C	C	Nitrato de Potasio			
C	I	I	E	L	C	C	C	Sulfato de potasio			
E	L	I	E	L	L	L	L	L	L	L	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$

(Roman, 2002)

C = Mezcla 100% compatible en seco y en estanque

I = Mezcla Incompatible en seco y en estanque. No realizar

E = Mezcla compatible solo en estanque al momento de inyectar

L = Mezcla de compatibilidad limitada en seco y en agua. Usar cantidad limitada.



Equipos de Inyección

Básicamente hay 4 componentes de los tipos de equipos de inyección de fertilizantes.

(Muñoz y Castellanos, 2004)

- ❖ Tanques de fertilización.
- ❖ Inyectores Venturi.
- ❖ Inyectores hidráulicos.
- ❖ Inyectores eléctricos.

La instalación de los dos primeros es sencilla y económica y por lo mismo presentan ciertas desventajas. Así, los tanques no presentan buena distribución del fertilizante, mientras que los Venturis incorporan pérdidas de carga en el sistema y por ende mayor consumo de energía. Las opciones preferidas son, pues, las bombas eléctricas o hidráulicas. Las primeras son del tipo volumétrico y presentan ventajas en la automatización posterior; y las segundas no necesitan de energía eléctrica para su funcionamiento (Muñoz y Castellanos, 2004).

Sistemas de Producción con Plástico

Túneles Bajos o Microtúneles en el Cultivo de Tomate.

Los túneles junto con el acolchado son las dos técnicas más tradicionales del forzado de cultivos. El forzado mediante túneles consiste en cubrir al cultivo sobre todo durante sus primeras fases vegetativas con una sencilla construcción formada por pequeños arcos y una cubierta de plástico que protege a las plantas contra el frío, el viento y las heladas además tienen un efecto favorecedor frente a las plagas y enfermedades. El objetivo principal de estos túneles es aumentar la precocidad del cultivo de tomate. (Flores, 2004).

Se utilizan durante periodos cortos con el objetivo de ayudar al cultivo a crecer más rápidamente durante los primeros estadios, cuando las temperaturas son demasiado bajas. Muy frecuentemente el túnel bajo se utiliza conjuntamente con el acolchado. Los efectos acumulados de estas dos técnicas aumentan la temperatura del suelo y del aire entre 5 y 10 °C durante el día. Tan pronto como la radiación solar aumenta, la temperatura del aire aumenta



también y puede ser excesiva, haciendo necesaria la ventilación; para ventilar se pueden hacer perforaciones o enrollar la película plástica. Durante las noches las temperaturas sufren cambios muy ligeros (Flores, 2004).

Los Acolchados Plásticos en la Producción de Tomate.

Los plásticos para acolchado de suelos han sido utilizados eficientemente en la producción de hortalizas (Burgueño., 1999)

Sabemos que las películas plásticas nos ayudan a tener un mejor control de las temperaturas del suelo, del crecimiento de las malas hierbas, manteniendo además niveles de humedad favorables para el desarrollo de las raíces de los cultivos. También con el acolchado plástico se modifican otras propiedades de los suelos como el pH, y la velocidad de infiltración del agua. (Burgueño, 1999)

Se ha demostrado que no solamente hay una respuesta favorable de los cultivos al medio ambiente creado bajo el plástico acolchado; el color del plástico puede influenciar al cultivo modificando la cantidad y calidad de luz reflejada por la superficie acolchada. esta luz reflejada puede afectar el crecimiento del cultivo así como también la incidencia de insectos sobre este. (Burgueño, 1999)

Diagnostico Foliar para el Cultivo de Tomate bajo Cubierta de Acolchado.

Se cuenta con gran diversidad de información referente a los niveles óptimos de concentración en elementos minerales de las plantas mediante el análisis de hojas y pecíolos. (Burgueño, 1999)

Actualmente con la utilización de las nuevas tecnologías en la agricultura se han desarrollado nuevas técnicas de diagnostico para cuantificar los niveles nutricionales de los cultivos como lo es el análisis de la savia, sin embargo se considera importante incluir los valores utilizados en el diagnostico foliar (Burgueño, 1999), en el cuadro 2.9 se muestran los



valores de concentración de nutrientes desde la etapa de floración hasta producción, como guía para determinar si se encuentran en el nivel óptimo o se requiere de aplicación de alguna fuente de los que estén por debajo del óptimo.

Cuadro 2.9.- Valores críticos y óptimos de concentración de nutrientes en el cultivo del tomate bajo cubierta de acolchado

Etapa	NO₃	P-PO₄	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
vegetativa	ppm	ppm	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm
Floración									
Óptimo	16000	4000	6.5	2.0	0.9	150	20	50	90
Crítico	12000	3500	5.5	1.5	0.75	130	12	35	70
Formación De frutos									
Óptimo	14000	3500	6.0	2.8	0.85	140	20	40	80
Crítico	10000	2800	5.0	1.8	0.7	120	10	30	60
Producción									
Óptimo	10000	3000	5.5	3	0.8	120	15	35	80
Crítico	8000	2500	4.5	2.0	0.7	100	10	25	50

(Burgueño, 1999)

En el valle de Culiacán y en la región de Ruiz Cortines, Sinaloa, durante la temporada 1993-1994, han realizado numerosos análisis foliares y de savia en el cultivo de tomate bajo cubierta de acolchado, pudiendo corroborar la mejor respuesta indicativa del estatus nutricional real del cultivo, con las variaciones en la concentración de los elementos minerales en la savia, no observaron variaciones significativas en los análisis foliares (Burgueño, 1999).

A partir de resultados de mas de quinientos análisis de savia realizados en diferentes lotes de riego y en distintas etapas de cultivo, podemos presentar a titulo indicativo en el cuadro (2.10) las variaciones de concentración en elementos minerales de la savia en el cultivos de tomate (Burgueño, 1999).



La concentración de los elementos minerales en la savia se presenta en tres niveles, los cuales han sido clasificados como:

Nivel 1: Concentración de elementos minerales en donde las plantas presentan niveles de crecimiento óptimo, habiendo tendencia a concentraciones superiores que indiquen un exceso de aplicación de fertilizantes.

Nivel 2: concentración de elementos minerales en donde las plantas se desarrollan normalmente.

Estimamos que entre estos dos niveles se sitúan las concentraciones óptimas de nutrientes en la savia, para la culminación de un cultivo que explote en gran medida su capacidad genética de producción.

Nivel 3: concentraciones cercanas a niveles de carencia de nutrientes, siendo necesaria una intervención oportuna. Cabe señalar que las cifras aquí presentadas no representan los valores máximos ó mínimos encontrados, ni el promedio de estos (Burgueño, 1999).

Cuadro 2.10.- Valores de concentración en elementos minerales considerados como suficientes para llevar a cabo un buen manejo nutricional del cultivo de tomate mediante prácticas de fertirrigación.

<i>Concentración en elementos minerales (ppm)</i>												
	<i>N,NO₃</i>	<i>H₂PO₄</i>	<i>K +</i>	<i>Ca ++</i>	<i>Mg ++</i>	<i>Na +</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>pH</i>	<i>C.E</i>
nivel 1	1,300	280	4,500	200	270	50	2	3	1.3	3	5,7	15
nivel 2	1,000	200	3,600	50	200	30	1.2	1.6	1	2	5.6	14
Nivel 3	850	170	3,300	50	180	10	0.6	0.7	0.4	0.7	5.4	11

(Burgueño, 1999)

Podemos concluir brevemente que los análisis foliares nos reportan datos de lo que ya paso al cultivo, mientras que un seguimiento nutricional, con base en la variación de la concentración de elementos minerales en la savia de las plantas, nos indica lo que esta sucediendo. (Burgueño, 1999)



Extracciones de Nutrientes por el Cultivo de Tomate bajo Cubierta de Acolchado.

En dos lotes comerciales de producción de tomate transplantado durante la segunda etapa de cultivo del valle de Culiacán, Sin., 1993-1994, se efectuaron muestreos periódicos de plantas y frutas con la finalidad de conocer su contenido nutricional, con los resultados de concentración en elementos minerales del cultivo se obtuvieron los valores expuestos en los cuadros 2.11 y 2.12, que estiman las extracciones de nutrientes realizadas por el tomate durante todo un ciclo de producción agrícola (Burgueño 1999).

El conocimiento del ritmo de absorción de nutrientes y la dinámica de estos en el suelo, así como la producción de materia seca por la planta es de vital importancia para poder realizar aportaciones de agua y fertilizantes acordes a las exigencias nutricionales de los cultivos durante sus diferentes etapas fenológicas. (Burgueño, 1999).

Cuadro 2.11.- Consumo de nutrientes por la planta de tomate (kg/ha).

	12-X	13-XI	25-XI	8-XII	28-XII	12-I	25-I	11-I	24-II	10-III
P.F.	104	9152	113	9627	26654	25223	34331	32229	36083	40637
P.S.	110.2	52.5	238	928	2591	2089	3199	3866	4396	5320
%M.S.	19.8	5.7	11.3	9.6	16.6	8.3	9.3	12	12.2	13.1
Na	0.02	0.05	0.21	0.65	4.6	2.7	4.5	7.3	7.0	5.3
K₂O	0.3	3	12.2	44.7	124.5	102.7	139	156.7	182.2	179.5
CaO	0.9	1.7	8.7	34.6	103	126.2	225.5	279	341	288
MgO	0.11	0.6	3.2	16.3	29.3	25.2	40.8	56	62.2	69
NO₃	0.01	0.42	2.32	10.3	20.9	24.2	32.4	30	43	37
P₂O₅	0.13	0.6	3	9.53	21.6	15.8	22	30	32.2	41
Fe	0.03	0.021	0.038	0.2	0.9	0.7	0.7	1.5	1.6	1.7
Cu	0.005	0.006	0.1	0.17	0.063	0.72	0.5	0.8	0.9	0.6
Zn	0.007	0.006	0.012	0.04	0.08	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2
Mn	0.001	0.015	0.08	0.2	0.4	0.8	0.2	1.6	1.6	2

P.F.= PESO FRESCO ; P.S.= PESO SECO ; %M.S. = % MATERIA SECA (Burgueño, 1999)



Cuadro 2.12.- extracciones de nutrientes por la fruta de tomate (kg/ha).

	12-I	25-I	11-II	24-II	10-III	25-III	Total acumulado
P.F.	2.13	17.0	35.7	32.1	43.9	24.7	155.6
P.S.	0.14	0.83	1.7	1.4	2.0	1.4	7.4
%M.S.	6.44	4.89	4.65	4.37	4.54	5.5	
Na	0.08	0.6	2.5	1.96	2.4	0.95	8.49
K₂O	7.95	45.9	89.6	74.5	102	65.5	385.3
CaO	0.84	5.4	163	13.8	18.4	7.4	62.1
MgO	10.67	4.2	9.8	7.8	9.7	5.5	37.7
NO₃	0.35	2.53	5.44	5.11	8.14	4.3	25.7
P₂O₅	1.14	7.63	14.5	12.21	19.01	11.2	65.7
Fe	0.011	0.23	0.83	0.53	0.64	0.076	2.32
Cu	0.002	0.011	0.023	0.025	0.028	0.02	0.111
Zn	0.004	0.030	0.064	0.028	0.074	0.034	0.236
Mn	0.004	0.03	0.053	0.045	0.066	0.034	0.233

P.F. = PESO FRESCO ; P.S. = PESO SECO ; % M.S. % MATERIA SECA (Burgueño, 1999)

Fertilización en cultivo de tomate con acolchado

Evaluaciones de fertilización para el cultivo de tomate de vara bajo cubierta de acolchado realizados por (Ibarra, 1991) en la región de Nuevo León aplicando inicialmente 400 Kg/ha de triple diecisiete de NPK y dos aplicaciones complementarias de 400 Kg/ha de sulfato de amonio para una densidad de plantación de 10,000 /ha, mientras que para el estado de Sinaloa con una densidad de plantación de 22,222 se aplicó fertilización inicial de 1,700 Kg/ha de triple diecisiete de NPK y una aplicación complementaria de 300 Kg/ha de urea + 3 Kg de elementos menores, ambos lotes con riego por gravedad y los resultados reportados señalan una anticipación a cosecha e incremento en rendimiento .

La fertilización aplicada para el cultivo de tomate de piso bajo la cubierta de acolchado en el estado de Nuevo León fue de 400 kg/ha de fosfato de amonio aplicados antes del trasplante y el mayor rendimiento (40%) reportado, se dio con acolchado con polietileno transparente (Ibarra 1991)



Manejo de la Nutrición de Tomate en Invernadero.

En este cultivo el nitrógeno es importante para el crecimiento y desarrollo vegetativo cuando es aplicado en exceso provoca efectos negativos sobre la calidad de los frutos como son frutos blandos, menor riqueza en azúcares, más frágiles y de difícil conservación; la maduración puede retrasarse. El fósforo garantiza el desarrollo radicular, plantas vigorosas y una buena fructificación, se requieren elevados contenidos del elemento inmediatamente después de la plantación, si esto no ocurre, puede retrasarse la recolección. El potasio influye sobre el número de floraciones fértiles, promueve una adecuada fructificación, precocidad de la cosecha y calidad interna y externa del fruto; debe ser aportado en cantidades suficientes a partir del inicio de la fructificación, en la época de primavera - verano el cultivo requiere cantidades mayores de potasio. (Casanova, 2003)

En suelos con bajo contenido de magnesio es indispensable el suministro sistemático del elemento para evitar la afectación de las plantas y la disminución de los rendimientos; la deficiencia de calcio provoca en los frutos la necrosis apical (“pudrición apical”). Una relación adecuada entre el potasio, el magnesio y el calcio es decisiva para garantizar los rendimientos y sobre todo la calidad de los frutos (Casanova, 2003).

Características de la Nutrición y Fertilización según la Etapa del Cultivo de Tomate.

Etapa 1: Transplante o emisión del primer racimo floral (0 - 20 días después del transplante, ddt).

- Si los análisis de laboratorio reportan elevados contenidos de nutrientes o si se han aplicado de fondo fertilizaciones orgánicas se puede prescindir de la fertilización en el momento del transplante. (Casanova, 2003).
- Cuando los contenidos de nutrientes en el suelo sean bajos, al día siguiente del transplante se aplica un fertirriego ligero a fin de aportar nutrimentos a las plántulas de 20 – 450 - 40 mg/planta de N – P₂O₅ – K₂O ó de fósforo solamente con dosis de 400 mg/planta de P₂O₅ si se tratan de suelos que posea contenidos medios de nitrógeno y potasio (Casanova, 2003).



- El fertirriego posterior, debe demorarse lo más posible ya que los dos riegos dados, antes de la plantación con una lamina de 15 – 20 L/m² crean una franja de humedad a través de la orilla del surco hasta una profundidad de 30 a 40 cm, lo que es suficiente para garantizar el régimen hídrico de la plántula durante varios días; en función del tipo de suelo y época del año este intervalo puede variar desde 8 – 21 días. El acumulado de nitrógeno aplicado en la etapa no debe exceder de 2.0 kg/ha (Casanova, 2003).

Etapa 2: Emisión del primer racimo floral a cuaje del tercer racimo (21 – 44 ddt).

- En esta etapa la planta aún se encuentra en un proceso incipiente de crecimiento y desarrollo, resultando altamente susceptible de perder el balance entre el desarrollo vegetativo, la floración y fructificación. Por ello, la nutrición en esta etapa es aún moderada (80 ó 90 mg/planta/día de N – P₂O₅ – K₂O, relación 1:1:1) y debe ser monitoreada por una observación constante (Casanova, 2003).
- El correcto balance se deberá buscar inmediatamente después del transplante, ya que se pierde con gran facilidad durante la primer etapa de crecimiento y desarrollo del cultivo y el daño que ocasiona es irreversible, repercutiendo sensiblemente en el número y crecimiento de los frutos de los racimos 5 a 6 de la planta, lo cual afecta el rendimiento esperado (Casanova, 2003).

Etapa 3: Cuaje del tercer racimo a inicio de cosecha (45 – 65 ddt).

- Una vez concluida las dos primeras etapas de desarrollo y cuajo del tercer racimo la planta se hace menos susceptible al desbalance requiriendo en esta fase un mayor suministro de nutrientes ya que los primeros tres racimos se encuentran en pleno desarrollo y el cuarto, quinto y sexto en formación (Casanova, 2003).
- Al iniciarse el despunte (60 – 75 ddt) la planta deberá encontrarse cargada de frutos (entre 20 y 30) con un promedio de 4 a 6 frutos en cada uno de los primeros cinco racimos. La concentración de nitrógeno puede estar en 200 ppm con una relación N – P₂O₅ – K₂O de 1:0.5:2.5 (Casanova, 2003).



Etapa 4: Inicio de cosecha a plena producción (66 – 110 ddt en invierno y 66 – 82 ddt en verano).

- A partir de este momento la nutrición se suministrará en función de cómo se encuentre cargada la planta, de su desarrollo vegetativo y del momento de realizado el decapite, si este será practicado después de la formación del 5to ó 6to racimo o si se continuará hasta el 10mo – 12 vo. Esta es la etapa de plena producción y por ende la de mayor fertilización. La concentración de N en ppm estará entre 170 – 200 y la relación N-P-K debe de ser de 1-0.3-2.4 (Casanova, 2003).
- En esta fase con frecuencia aparecen deficiencias de magnesio y calcio debido a la fuerte extracción de nutrientes que realiza la planta, por lo que debe de ser seguida con atención (Casanova, 2003).

Etapa 5: Producción – final (111 – 210 ddt en invierno y 83 – 95 ddt en verano).

En esta etapa la planta va en proceso de “descargue”. En campaña de frío a los 111 ddt la planta ya ha sido decapitada después de su racimo floral No. 12, y está en proceso de cosecha el racimo No.8, por lo que se dará nutrición para llenar los frutos de los racimos del 9no al 12vo (Casanova, 2003).

Aunque se mantiene la relación N – K_2O 1:2.4, la dosis disminuye ya que la planta no necesita nutrientes para el crecimiento y desarrollo de raíces, tallos, hojas y flores, si no solamente para el llenado de frutos (Casanova, 2003).



Hochmuth, 2002 menciona por dos etapas las dosis de fertilización en el cultivo de tomate

Cuadro 2.13 Formula de fertilización en USA.

	A	B
fertilizante	del transplante al primer corte (gr/100lts)	primer corte al ultimo corte gr/100 lts.)
sulfato de magnesio	50	50
fosfato monopotasio	27	27
nitrato de potasio	20	20
sulfato de potasio	10	10
nitrato de calcio	50	68
fiero (330)	2.5	2.5
micronutrientes	15 ml	15 ml

Cuadro 2.14 Concentración final de nutrientes en ppm

N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Mo
105	62	199	95	50	70	2.5	.44	.05	.62	.09	.03

Cuadro 2.15 Formula para los micronutrientes

Fertilizante	gramos por litro
ácido bórico (H_3BO_3)	7.50
cloruro de manganeso ($MnCl_2 \times 4H_2O$)	6.75
cloruro de cobre ($CuCl_2 \times 2H_2O$)	0.37
oxido de molibdeno (MoO_3)	0.15
sulfato de zinc ($ZnSO_4 \times 7H_2O$)	1.18

(Hochmuth, 2002).



Sánchez menciona los rangos mínimos, óptimos y máximos de concentraciones de nutrimentos recomendados en España.

Cuadro 2.16 Rangos mínimo, optimo y máximo de concentraciones de nutrimentos recomendados en España

nutrimento	Concentración (mg/L)			
	Mínima	Optima (rango)	Máxima	Recomendada
Nitrógeno	140	200-400	900	200
Fósforo	30	60-90	100	60
Potasio	150	200-400	600	250
Calcio	120	200-400	600	250
Magnesio	25	50-75	100	50
Azufre	100	150-300	1000	200
Fierro	0.5	1-5	10	3
Manganeso	0.3	0.5-2	15	1
Boro	0.3	0.5-1	5	.05
Cobre	0.05	0.1-1	5	0.1
Zinc	0.05	0.1-1	5	0.1
Cloro	1	1-5	350	no añadir
Molibdeno	0.001	0.001-0.002	0.01	no añadir

(Sánchez, 1988)

Del Río *et. al.* Realizando un artículo denominado Influencia de la Fertilización y el agua salobre sobre algunos parámetros de calidad en los frutos de tomate, en el cual aplicó una fertirrigación diferenciada de N(N₁: 1.02 g/m², N₂: 3.84 g/m², N₃: 7.68 g/m², N₄: 15.36 g/m²) en forma de Nitrato de Amonio, P (P₁: 1.76g/m², P₂: 3.52g/m²) en forma de ácido fosfórico y K (K₁: 5.12g/m², K₁: 10.24g/m²) como sulfato potásico. Con cada una de las fertilizaciones se aplicó el agua de riego una concentración constante de micronutrientes de (Fe: 3 ppm; Cu: 0.53 ppm, Mn: 2 ppm, Zn: 3 ppm, B: 0.5 ppm y Mo: 0.5 ppm), con el fin de complementar la nutrición. Todos los tratamientos fueron suplementados, previamente, con una cubierta de materia orgánica.



Cuadro 2.17 Recomendaciones de fertilización cuantitativa en tomate en México

Fertirrigación Cuantitativa											
Etapas de Desarrollo	Demanda de Nutrientes (Kg/Ha/Día)					Fertilizantes Recomendados (Kg/Ha/Día)					
	N	P ₂ O ₂	K ₂ O	CaO	MgO	Multi NPK	Multi MPK	Multi MAP	Multical	Magnisal	NA
Transplante	1.2	3.0	1.2	0.5	0.2	-	3.5	2.0	2.0	1.25	1.5
Vegetativa	1.5	1	1.8	0.5	0.2	2.5	1.8	-	2.0	1.25	2.1
Floración	2.4	1.0	3.8	0.5	0.2	7.2	1.6	-	2.0	1.25	3.3
Llenado de fruto	3.0	1.0	6.0	1.0	0.5	12.5	1.5	-	3.5	3.125	1.5
fin de cosecha	2.0	1.0	4.0	1.0	0.5	8.0	1.5	-	3.5	3.125	0.2

(Alisedo, 2002).

Cuadro 2.18 Recomendaciones de fertilización proporcional en tomate en México

Fertirrigación Proporcional										
Etapas de Desarrollo	Demanda de Nutrientes ppm (g/m ³) H ₂ O					Fertilizantes Recomendados ppm (g/m ³) H ₂ O				
	N	P ₂ O ₂	K ₂ O	CaO	MgO	Multi NPK	Multi MKP	Multi CAL	Magnisal	NA
Transplante	65	100	65	50	25	-	193	189	157	56
Vegetativa	120	100	145	80	40	186	186	302	250	64
Floración	160	100	240	100	50	409	177	377	313	42
Llenado de Fruto	190	100	380	100	50	737	164	377	313	4
Fin de Cosecha	130	100	260	80	40	455	176	302	250	-

(Alisedo, 2002).

Gil *et, al* (1997). Menciona que para suministrar los nutrientes esenciales a las plantas en un sistema hidropónico se utiliza la solución nutritiva elaborada a base de soluciones nutritivas elaboradas a base de sales inorgánicas (fertilizantes químicos) mediante riegos por subirrigación y/o por goteo.

Durante el amarre de frutos, la planta absorbe mayormente fósforo y potasio por lo que deben estos elementos nutritivos estar presentes en la solución nutritiva en cantidad suficiente en este periodo fenológico.



Para preparar diferentes volúmenes de solución, se muestran recetas en los cuadros 2.19, 2.20 y 2.21.

Cuadro 2.19 Fuentes de macronutrientes y cantidades de fertilizantes a aplicar en 1,500 litros de solución nutritiva

Fuente	Cantidad en gramos
Fosfato diamónico	487.5
Sulfato de magnesio	675
Nitrato de calcio	1027
14-00-40	1162.5
Solución de micronutrientes	150ml

* Se agrega 1 ml de solución madre por cada 10 litros de solución nutritiva.

(Miranda-Velázquez, y Gil-Gil, 1997).

Cuadro 2.20 Fuentes y cantidades de fertilizantes para preparar, 1500 y 2500 litros de solución nutritiva.

fuentes	1,500 litros de sol. Nutritiva (cantidad en (g))	2,500 litros de sol. Nutritiva (cantidad en (g))
MAP	458.25	736.75
Sulfato de magnesio	675.00	1125.00
Nitrato de calcio	675.00	1125.00
Multi -K (12-2-43)	1172.50	1937.50
Super nitrato (311.5-00-00)	172.6	287.70
Solución de micronutrientes (Solución madre)	150 ml	250 ml

*Se agrega 1 ml de solución madre por cada 10 litros de solución nutritiva.

El multi - K en relación al fertilizante 14-00-40 y el MAP (12-61-00) en relación al fosfato diamonico (18-46-00) tienen menos residuos sólidos lo que les confiere una mayor estabilidad al pH de la solución nutritiva y por consecuencia, una mejor absorción de nutrientes en las plantas de jitomate.



Cuadro 2.21 Cantidades de fertilizantes para preparar 120 y 200 litros de solución nutritiva.

fuelle	120 litros de sol. Nutritiva (cantidad en (g))	200 litros de sol. Nutritiva (cantidad en (g))
MAP	35.34	58.90
Sulfato de magnesio	54.00	90.00
Nitrato de calcio	90.00	90.00
Multi -K (12-2-43)	93.00	155.00
Super nitrato (311.5-00-00)	13.8	23.00
Solución de micronutrientos (Solución madre)	12 ml	20.00



III. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

(Casanova, 2003) describe el requerimiento nutricional del cultivo de tomate por etapas fenológicas, que nos permiten llevar a cabo una fertirrigación mas eficiente.

Actualmente con la utilización de las nuevas tecnologías en la agricultura se han desarrollado nuevas técnicas de diagnostico para cuantificar los niveles nutricionales de los cultivos como lo es el análisis de la savia, sin embargo se considera importante incluir los valores utilizados en el diagnostico foliar (Burgueño, 1999), en el cuadro 2.9 se muestran los valores de concentración de nutrientes desde la etapa de floración hasta producción, como guía para determinar si se encuentran en el nivel óptimo o se requiere de aplicación de alguna fuente de los que estén por debajo del óptimo.

Cuadro 3.1.- Valores críticos y óptimos de concentración de nutrientes en el cultivo del tomate bajo cubierta de acolchado

Etapa	NO₃	P-PO₄	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
vegetativa	ppm	ppm	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm
Floración									
Optimo	16000	4000	6.5	2.0	0.9	150	20	50	90
Critico	12000	3500	5.5	1.5	0.75	130	12	35	70
Formación De frutos									
Optimo	14000	3500	6.0	2.8	0.85	140	20	40	80
Critico	10000	2800	5.0	1.8	0.7	120	10	30	60
Producción									
Optimo	10000	3000	5.5	3	0.8	120	15	35	80
Critico	8000	2500	4.5	2.0	0.7	100	10	25	50

(Burgueño, 1999)



En el valle de Culiacán y en la región de Ruiz Cortines, Sinaloa, durante la temporada 1993-1994, han realizado numerosos análisis foliares y de savia en el cultivo de tomate bajo cubierta de acolchado, pudiendo corroborar la mejor respuesta indicativa del estatus nutricional real del cultivo, con las variaciones en la concentración de los elementos minerales en la savia, no observaron variaciones significativas en los análisis foliares (Burgueño, 1999).

A partir de resultados de mas de quinientos análisis de savia realizados en diferentes lotes de riego y en distintas etapas de cultivo, podemos presentar a titulo indicativo en el cuadro (2.10) las variaciones de concentración en elementos minerales de la savia en el cultivos de tomate (Burgueño, 1999).

La concentración de los elementos minerales en la savia se presenta en tres niveles, los cuales han sido clasificados como:

Nivel 1: Concentración de elementos minerales en donde las plantas presentan niveles de crecimiento optimo, habiendo tendencia a concentraciones superiores que indiquen un exceso de aplicación de fertilizantes.

Nivel 2: concentración de elementos minerales en donde las plantas sé desarrollan normalmente.

Estimamos que entre estos dos niveles se sitúan las concentraciones optimas de nutrientes en la savia, para la culminación de un cultivo que explote en gran medida su capacidad genética de producción.

Nivel 3: concentraciones cercanas a niveles de carencia de nutrientes, siendo necesaria una intervención oportuna. Cabe señalar que las cifras aquí presentadas no representan los valores máximos ó mínimos encontrados, ni el promedio de estos (Burgueño, 1999).



Cuadro 3.2.- Valores de concentración en elementos minerales considerados como suficientes para llevar a cabo un buen manejo nutricional del cultivo de tomate mediante practicas de fertirrigación.

<i>Concentración en elementos minerales (ppm)</i>												
	<i>N,NO₃</i>	<i>H₂PO₄</i>	<i>K +</i>	<i>Ca ++</i>	<i>Mg ++</i>	<i>Na +</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>pH</i>	<i>C.E</i>
nivel 1	1,300	280	4,500	200	270	50	2	3	1.3	3	5,.7	15
nivel 2	1,000	200	3,600	so	200	30	1.2	1.6	1	2	5.6	14
Nivel 3	850	170	3,300	50	180	10	0.6	0.7	0.4	0.7	5.4	11

(Burgueño, 1999)

Podemos concluir brevemente que los análisis foliares nos reportan datos de lo que ya paso al cultivo, mientras que un seguimiento nutricional, con base en la variación de la concentración de elementos minerales en la savia de las plantas, nos indica lo que esta sucediendo. (Burgueño, 1999)

Muñoz y Castellanos (2003) mencionan que cantidades de nutrientes son usadas en condiciones de sustrato para la producción de tomate en invernadero en un ciclo de 8 meses, cosechado hasta los veinte racimos con un rendimiento comercial de 32 kg/m². cuadro 3.3

Concepto	N	P ₂ O ₅	K ₂	Ca	Mg	total
Entrada bruta, kg/ha	1592	645	3513	2065	649	8464
Pérdidas en drenaje, kg/ha	649	234	1480	821	372	3556
Consumo neto, kg/ha	943	411	2033	1244	277	4908
Coef. Consumo, kg/ton	2.9	1.3	6.4	3.9	0.86	-
Pérdida, %	41	36	42	40	57	42

(Muñoz y Castellanos, 2003)



Muñoz y Castellanos (2003) mencionan el consumo de nutrientes en un sistema de la producción de tomate en invernadero en un ciclo de 8 meses, cosechado hasta los veinte racimos con un rendimiento de 34 kg/m². (cuadro 3.4)

Nutriente	Dosis aplicada Kg/ha
N	910
P ₂ O ₅	645
K ₂	1435
Ca	1110
Mg	288
TOTAL	4388

(Muñoz y Castellanos, 2003)

Muñoz y Castellanos (2003) menciona las dosis de fertilización recomendada para el cultivo de tomate en invernadero para las diferentes etapas de desarrollo. (cuadro 3.5)

Nutriente	Etapas	Etapas	Etapas
	0-25 días	25 – 65 días	> 65 días
	Kg de nutriente/ha diariamente.		
N	2-3	3-4	4-5
P₂O₅	0.5-1.1	0.8-1.4	1.2-1.5
K₂O	2-3	3.5-4.5	5-7
Ca	1.5-2.5	2-3	2.5-3.5
Mg	0.4-0.6	0.7-0.9	1.0-1.4

Muñoz R. J. y Castellanos (2003)



Según reportes del 16th Congreso Mundial de Plásticos en la Agricultura celebrado en Argel, Argelia del 14 al 17 de Diciembre del 2003 se estima que el área mundial cubierta por invernaderos y túneles altos tuvo un incremento de 723,000 hectáreas, siendo Turquía (14,000 ha), Morocco (10,000 ha) y Estados Unidos (9,250 ha) los países con mayor área de invernaderos. El incremento de 1996 al 2000 fue de 67,200 ha, para el año 2002, la superficie ocupada por túneles bajos fue de 900,000 hectáreas, de las cuales China posee 600,000 o sea una superficie cubierta con túneles bajos con el 66.66 % del total mundial.

Cuadro 3.6.. Superficie cubierta con semiforzado (túneles bajos), de cultivos. 2002.

I. En el mundo		900,000 ha	
Asia		América	
China	600,000	USA	500
Japón	47,000	México	3,400
Europa		Venezuela	2
Francia	15,000	África	
España	13,055	Argelia	200
Italia	25,000	Túnez	11,000
Inglaterra	1,400	Egipto	23,000
Alemania	1,500		
Bélgica-Luxemburgo	200	Medio Oriente	
Grecia	4,500	Israel	15,000
Portugal	450	Turquía	1,500
Hungría	2,500		

Fuente CIPA, 2003

Es difícil tener estadísticas actuales y oficiales de la distribución mundial de la agricultura protegida, la diversificación en las aplicaciones de los plásticos inicia comercialmente desde 1960, aportándose para 1996, 3'930, 400 ha con agricultura protegida, de las cuales 3'354, 000 corresponden al acolchado de suelos (85%), para el año 2002, CIPA reporta 12'860,000 ha con acolchado de las cuales China es el país con mas superficie acolchada con el 74.65 %, en tanto que México se reporta 9, 000 ha de acolchado (0.069%)



Cuadro 3.7 Superficie con materiales plásticos utilizados en acolchados de suelo 2002.

II. En el mundo		12'860,000 ha	
Asia		América	
Japón	160,000	USA + Canadá	242,000
China	9'600,000	México	9,000
Francia	100,000	Guatemala	4,630
España	104,510	Venezuela	500
Italia	80,000	África y medio oriente	
Inglaterra	10,000	Egipto	37,000
Alemania	2,500	Marruecos	7,000
Bélgica-Luxemburgo	3,400	Argelia	1,380
Grecia	5,000	Túnez	510
Portugal	23,000	Camerún	92
Noruega	2,800	Turquía	1,000
Suiza	2,800	Jordania	1,500
Bulgaria	13,000	Israel	27,800
Hungría	2,400		
Rep. de Eslovaquia	2,000		
República Checa	620		
Federación rusa y otros países de Europa	42,000		

Fuente CIPA, 2003

De acuerdo a los datos suministrados por los investigadores de los distintos países se estima que se dedican 135,000 hectáreas al cultivo en invernadero y túnel alto en la región mediterránea, de las cuales 130,000 se dedican a la producción de hortalizas para alimentación y 15,000 a la producción de flores y actividades de soporte como la propagación. En relación a esto, España, según lo reportado por M.A.P.A. en 1998, poseía una superficie de 48,700 hectáreas con invernaderos y túneles altos, de las cuales utilizaba 45,900 para la producción de hortalizas y 2,800 para la producción de flor, siguiéndole Turquía con cifras reportadas por Tüzel Y. en 2001 con una superficie de 22,990 hectáreas, de las cuales 21,840 eran para el cultivo de hortalizas y 1,150 para la producción de flores (FAO, 2002).

Por su parte, CIDAPA (2003) reporta que la superficie mundial cubierta por materiales plásticos en invernaderos y túneles largos es de 723, 000 hectáreas, siendo Turquía el país que tiene mayor superficie con este tipo de tecnología (14,000 ha), México tiene una superficie de 1,200 ha y continúa en expansión



Cuadro 3.8. Superficie con plásticos usados como cubiertas en invernaderos y túneles largos, 2002

III. En el mundo		723,000 ha	
Asia		América	
China		USA	9,250
Japón		Canadá	600
Europa		México	1,200
Francia	9,200	Guatemala	310
España	49,380	Argentina	600
Italia	77,400	Chile	300
Inglaterra	2,500	Colombia	4,500
Alemania	950	Ecuador	2,700
Bélgica	350	Brasil	700
Grecia	3,000	Venezuela	400
Portugal	2,700	África	
Australia	450	Argelia	6,000
Holanda	400	Camerún	21
Finlandia	200	Túnez	1,307
Suecia	60	Egipto	2,430
Dinamarca	20	Marruecos	10,000
Suiza	600	Africa del Sur	2,500
Malta	100	Kenya	150
Rusia	3,250	Medio Oriente	
Rumania	900	Israel	6,500
Checoslovaquia	4,900	Turquía	14,000
Polonia	200	Jordania	2,000
Croacia	1,200	Arabia Saudita	1,550
República de Serbia	5,040	Líbano	1,250
Hungría	6,500	Siria	2,000
Uzbekistán	5	Chipre	235
Albania	334	Barehim	60
		Kuwait	350
		Qatar	65
		UAE	120
		Yemen	100

Fuente CIPA, 2003.

Actualmente el riego por goteo se ha impuesto en los sistemas de producción de hortalizas bajo condiciones protegidas y el tomate no es la excepción. Bajo este sistema la cinta de goteo puede ser un buen comienzo. El 80% de la superficie cultivada bajo invernadero



se realiza en suelo, por lo que la nutrición del cultivo debe ser gestionada entendiendo la interacción suelo planta.

Menciona Casanova (2003) que requerimiento nutricional del cultivo de tomate por etapa de cultivo, nos permiten llevar a cabo una fertirrigación más eficiente.

Aunque, respecto a análisis de suelo, agua y foliares, básicos para determinar concentraciones exactas de los nutrientes requeridos por la planta, es importante considerar que no existe una normatividad para estandarizar los rangos promedio que manejan los distintos laboratorios que ofrecen este servicio, por lo que considero que se debe tratar de estandarizar tanto las técnicas de determinación de nutrientes, así como las unidades en que se reportan.

Aunque, respecto a análisis de suelo, agua y foliares, básicos para determinar concentraciones exactas de los nutrientes requeridos por la planta, es importante considerar que no existe una normatividad para estandarizar los rangos promedio que manejan los distintos laboratorios que ofrecen este servicio, por lo que considero que se debe tratar de estandarizar tanto las técnicas de determinación de nutrientes, así como las unidades en que se reportan.



IV. AREAS DE OPORTUNIDAD (APLICACIONES)

En México existen grandes posibilidades de producir rentablemente el cultivo de tomate y otras hortalizas de gran importancia económica mediante el uso de plásticos y fertirriego en conjunto y poder competir con otros productores en el mundo.

La oportunidad de utilizar fertirriego y plásticos en las diferentes regiones de nuestro país depende más que nada de la economía del productor y de los medios con que éste cuente para proporcionar a los cultivos los diferentes ambientes de acondicionamiento y nutrición como son el uso de acolchados, micro túneles, invernaderos, y fertirriego. Con estas técnicas el productor obtendrá productos de mayor y mejor calidad y por consecuencia, también un mejor precio y mercado de su producto, se puede aplicar este tipo de técnica a todas las regiones agrícolas del país puesto que suelos que en un momento dado no eran productivos, después de la utilización de estas técnicas son altamente productivos.

La fertirrigación es una excelente área de oportunidad para ingenieros agrónomos que manejen este sistema ya que se demostraría al productor que es una forma eficiente para incrementar la producción y tener todas las ventajas que se hablaron anteriormente del fertirriego y con esto generar empleos.

La exportación de tomates de buena calidad debido a los diferentes sistemas de producción como son el uso de acolchados y producción bajo invernadero

Difundir este método a diferentes instituciones y demostrarle la importancia y las ventajas de este sistema.

Promover el uso de cubiertas plásticas para la producción no solo de tomate si no también en cultivos que sean redituables.



V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La recopilación de información de este trabajo nos permite concluir que:

Mediante el uso de plásticos y la aplicación de fertirriego en la producción de tomate, se genera un adelanto en el inicio de cosecha, y un incremento en la producción y calidad de tomate.

Las aplicaciones frecuentes y en dosis bajas evitan la percolación, pérdidas producidas por lluvias y riegos pesados que lavan los nutrientes por debajo de la zona radicular.

Mediante el uso de fertirriego se disminuye la mano de obra y combustible al momento de la fertilización, considerando que la aplicación manual es complicada e inexacta y la distribución mecánica es cara y a veces dañina para el suelo debido a su compactación.

Debido a la contaminación por sales en aguas subterráneas causado por el uso de grandes cantidades de fertilizantes, debemos hacer conciencia a todos los grandes o pequeños productores para la conservación de las mismas, para esto nos vemos obligados a aumentar la eficiencia en la aplicación de los fertilizantes. esto solo se puede lograr por medio del fertirriego, que facilita un control más exacto en la aplicación. Además esta técnica permite aplicar una gran variedad de fertilizantes a través del sistema de riego.



VI.- NOMENCLATURA

pH,	_____	potencial de hidrogeno
SO ₄ ,	_____	Sulfatos
NO ₃ ,	_____	Nitratos
C.E,	_____	Conductividad Electrica
Ca,	_____	Calcio
NH ₄ ,	_____	Amonio
CO ₃ ,	_____	Carbonatos
Mg,	_____	Magnesio
B,	_____	Boro
Na,	_____	Sodio
P,	_____	Fosforo
Cl,	_____	Cloro
K.	_____	Potasio
ha	_____	Hectárea



VII. REFERENCIAS

- Alisedo, M. A. 2002. Temperatura, Humedad y pH del Suelo. Productores de Hortalizas. Meister Publishing.
- Burgueño H.1999. La fertigación en cultivos con acolchado plástico. Vol. 2 Burgas S.A de C.V. pp 10-15.
- Cadahia, L. C. 2000. Definición y Calculo de Disoluciones Nutritivas. Curso Internacional de: Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos Para la Producción Intensiva de Hortalizas. pp. 177-189
- Casanova A.S, 2003. Manual Para la Producción Protegida de Hortalizas. Editorial: Liliana. La Habana Cuba.
- Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) 2001. Manual de Fertirrigación.
- Cedeño R.B (1993) Respuesta a la Dosificación de Nutrimientos en el Desarrollo y Rendimiento del Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* MILL.) bajo Condiciones de Invernadero. Tesis Licenciatura. División de Agronomía. Departamento de Horticultura. UAAAN. México.
- CIPA, 2003. 16th World Congress on Plastic in Agriculture. 14th to 17th December 2003. Argelia, Argel.
- Cook G. W., 1983 Fertilización para rendimientos máximos, editorial Continental, México.
- Fesa-Enfersa 1991 fertilizantes sólidos y líquidos para fertirrigación en riego por goteo. pp 36-



- Flores, V. J., 2004. Apuntes del Curso de "Semiforzado de cultivos" de la Especialidad de Agroplasticultura del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Trimestre Agosto-October, 2004. Saltillo, Coahuila.
- Gil V. I., Ignacio M. V., J.H. Ortiz, D.S.R. Ramírez, A.B. 1997. Manual Practico de producción de jitomate (*Lycopersicum esculentum*, MILL) hidropónico bajo invernadero Universidad Autónoma Chapingo Serie de publicaciones AGRIBOT, Chapingo México Septiembre 1997 No.1 capitulo. V.
- Goldberg D. 1976. Drip irrigation principles design and agriculture practices, Kfahrsmaryahu.
- Ibarra J.L y A. Rodríguez. 1991. Acolchado de suelos con películas plásticas. Primera Edición. Editorial Limisa, S.A de C.V. México.
- Marfá, P.O. 1997. Sustratos, Fertirrigación y cultivos sin suelo. ITESM. México. pg 39
- Martínez, R.J. y García, L.M (1993). Cultivos sin suelo: Hortalizas en clima mediterráneo. Ediciones de Horticultura SL. España. pg 35
- Muños R. J de J, y J.Z. Castellanos 2003 Manual de Producción Hortícola en Invernadero. Impreso en Talleres de:Impresos Profesionales del Centro S.A de CV. pg 37
- Román C.M (2002) Manual de Fertirriego de SQM Chile. pg 38
- Rodríguez D. E. 2004. Problemática en el manejo del fertirriego. Seminario Internacional De Fertirriego. Editores John Fabio Acuña C. Jorge Alberto Medina P. Miguel Guzmán P. Victor Julio Flórez R. Colombia. pg 10-39.
- Valadez L.A 1994 Producción de Hortalizas Editorial UTEACH Segunda Edición México.



<http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>(2004) el cultivo del tomate