



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



ESCUELA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

T E S I N A

Programación del fertirriego para el cultivo de tomate saladette *Lycopersicon esculentum L.* en el valle de Apatzingán, Michoacán.

COMO COMPLEMENTO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRONOMO HORTICULTOR

PRESENTA:

JOSÉ CIRIACO SERVÍN DE JESÚS

ASESOR:

MAESTRO EN INNOVACIÓN Y DIRECCIÓN ESTRATÉGICA. JOSÉ MARIO
MIRANDA RAMÍREZ

APATZINGAN, MICHOACAN. JUNIO DE 2014

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
DEDICATORIAS	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Definición y delimitación del problema.....	4
1.2. Justificación del estudio.....	4
1.3. Objetivo.....	4
II. MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Que dice la teoría al respecto.....	7
2.3. Objeto del estudio.....	8
2.4. Aplicación del estudio en campo.....	8
III. MARCO METODOLÓGICO	9
3.1. Descripción botánica y taxonómica del tomate.....	9
3.2. Adaptabilidad y capacidad del riego localizado	11
3.3. Fertirrigación	13
3.4. Diagnóstico del estudio sustentado en la necesidad defertirriego del productor.....	15
3.5. Metodología de los cálculos de riego y fertilización.....	15
IV. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS	24
4.1. Recomendaciones.....	24
4.2. Sugerencias.....	24
V. CONCLUSIONES	26
VI. ANEXOS	27
Anexo A. Ficha técnica de tomate saladet SULTAN.....	28
Anexo B. Fichas técnicas de fertilizantes utilizados.....	29

Anexo C. Datos estadísticos agroclimatológicos de la estación de Piedras Blancas, municipio de Buenavista Tomatlán. Michoacán del DDR 086.....	30
Anexo D. Cuadro de compatibilidad de los fertilizantes.....	32
Anexo E. Tabla del número de riegos del cultivo de tomate saladet....	33
VII. LITERATURA CONSULTADA.....	34

ÍNDICE FIGURAS

	Página
Figura 1. Diagrama de proceso de fertirrigación en sistema de riego por goteo.....	13

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Fuentes de fertilizante que se utilizan en fertirrigación de tomate saladet.....	17
Cuadro 2. Solubilidad de los fertilizantes utilizados en fertirrigación de tomate saladette.....	17
Cuadro 3. Recomendación de inyección de fertilizante para el cultivo de tomate saladet.....	24

DEDICATORIAS

A mis padres:

*J. Pedro Servín Sandoval
Prudencia de Jesús Roque*

A mi esposa:

Flor Yaneth Zamora Sánchez

A mis hijos:

Esdeyve Lisbeth y Kevin Alejandro

AGRADECIMIENTOS

A Dios

A la Escuela de Ciencias Agropecuarias dependiente de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por haberme dado la oportunidad de estudiar esta licenciatura para poder contribuir al desarrollo de la región de tierra caliente.

En especial a mi director de este trabajo el *Mtro. José Mario Miranda Ramírez* por su paciencia y su gran ayuda.

A todos los maestros de la ECA por haberme transmitido sus conocimientos y por tener la paciencia necesaria para mi formación.

A los maestros del diplomado:

M.C. Ramón del Val Díaz

D.C. José Luíz Escamilla García

M.C. Daniel Munro Olmos

Al director de la ECA:

D.C. Noé Armando Ávila Ramírez

RESUMEN

El sistema de fertirrigación es, hoy en día, el método más racional de que se dispone para realizar una fertilización optimizada. En México se está aplicando a los cultivos de agricultura protegida, cultivos a cielo abierto y fruticultura, Por otra parte, y en base a la aplicación racional de fertilizantes, el método de riego por goteo se está aplicando en el cultivo de jitomate, donde la cantidad y la calidad del agua de riego no son problema fundamental. Por tanto la proyección económica de la nueva tecnología de fertirrigación es enorme. Se trata de un método de fertilización muy distinto al convencional.

En el riego presurizado por goteo y la fertilización en tomate saladette no existe la cultura necesaria del productor de recurrir a un técnico agrícola especializado para consultarlo; pero si existe la necesidad de hacer estas prácticas de forma adecuada y a tiempo ya que se refleja en la baja productividad del cultivo y a veces en la falta de tamaño de la fruta. Mediante este trabajo se pretende contribuir de manera práctica y sencilla documentar al productor o al técnico acerca de cómo hacer un uso y manejo eficiente del agua de riego por goteo y la fertilización en el cultivo tomate saladette.

ABSTRACT

The fertigation system is, today, the most rational method that you have to perform an optimized fertilization. In Mexico it is being applied to crops protected agriculture crops in the open and fruit growing, Moreover, and based on the rational application of fertilizer, method of drip irrigation is being applied in the cultivation of tomato, where quantity and quality of irrigation water are not fundamental problem. Therefore economic projection of the new technology is enormous fertigation. This is a method quite different from conventional fertilization.

In the pressurized drip irrigation and fertilization on tomato saladette lacking the necessary culture producer to a specialist agricultural technician for consultation; but if there is a need to make these practices properly and on time and that is reflected in the low crop productivity and sometimes the lack of fruit size. Through this work is to make a practical and simple way to document the producer or technician about how to use and efficient management of water drip irrigation and fertilization on the tomato crop saladette.

- Fertilizante
- Cultivo
- Tomate
- Apatzingán
- Michoacán

I. INTRODUCCIÓN

El tomate ha pasado de ser una hierba más de las milpas a un cultivo de importancia económica mundial. Ello ha sido posible gracias a cambios en el propio material vegetal y en los sistemas de producción, comercialización y consumo.

El cultivo de tomate dentro del marco de la denominada agricultura sustentable y sostenible la fertilización se concibe como la aplicación racional de fertilizantes dentro del respeto al medio ambiente.

En el cultivo de tomate saladet a cielo abierto con respecto a la nutrición hay que considerar los conceptos básicos de fertilidad y de la química del suelo para poder razonar una fertilización. El papel de los coloides del suelo, las características de la disolución del suelo, los conceptos de pH y el potencial redox y la dinámica de nutrientes se deben utilizar en cada caso para dar una buena recomendación de abonado al agricultor. El diagnóstico de suelos, aguas de riego y plantas lleva consigo una serie de determinaciones analíticas que permiten recomendar enmiendas, y abonados de fondo para nivelar los índices de fertilidad, y abonados de cobertera para el cultivo determinado, según sus necesidades específicas, en relación a un sustrato y unas condiciones climáticas definidas.(Cadahia, 2001).

Una de las ventajas del cultivo en el suelo es que tiene alta capacidad de amortiguamiento desde el punto de vista nutricional y del manejo del agua, pues en caso de tener interrupciones pasajeras en el suministro de agua y nutrimentos, el sistema no se ve seriamente afectado, como ocurre cuando el cultivo está en un sustrato (Castellanos y Ojodeagua, 2009).

La importancia en la alimentación del ser humano guarda más relación con el alto consumo del mismo que con su riqueza, y se constituye como uno de los principales nutrientes de la alimentación de muchos países (Rodríguez, 2001).

1.1. Definición y delimitación del problema

La mayoría de los productores que cultivan el tomate saladettea cielo abierto del valle de Apatzingán particularizando en el municipio de Parácuaro en el ejido los Bancos durante el riego agrícola tienen experiencia de cómo aplicar el fertirriego por goteo; pero no tienen la parte teórica, por tanto es preciso e indispensable que exista una coordinación productor-técnico para que se aplique de manera más eficiente. Mediante este análisis de la programación de fertirriego se tiene como alcance contribuir de manera directa brindar las herramientas necesarias y básicas de manera simple para ayudar a resolver el problema que en la actualidad existe, junto con el apoyo indispensable de la asistencia técnica brindada por él técnico.

1.2. Justificación del estudio

El propósito de este trabajo es elaborar un análisis de la programación del fertirriego en el cultivo de jitomate en arboles adultos ya en producción para que permita recomendar una metodología sencilla y práctica al productor o el técnico en el proceso de producción y que contribuya a formar parte de la calidad del fruto.

1.3. Objetivo

Analizar y recomendar una metodología básica de fertirriego eficiente en el cultivo de tomate saladette, sustentada en las necesidades reales del productor para el valle de Apatzingán, Michoacán.

II. MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes

El tomate, o *Lycopersicon esculentum*, es una planta cuyo origen se localiza en Sudamérica y más concretamente en la región andina, aunque posteriormente fue llevado por distintos pobladores de un extremo a otro, extendiéndose por todo el continente.

Todavía en la actualidad se encuentra silvestre en algunas de esas zonas, y precisamente de las investigaciones y mejoras genéticas, para lograr cierto tipo de resistencias, se realizan sobre esas plantas autóctonas.

Las variedades mejoradas son de buen tamaño en contraste con las silvestres más reducidas. Su cultivo y consumo ha alcanzado tal difusión que difícilmente puede encontrarse otro producto agrícola que sea consumido en tales cantidades como el tomate, bien en fresco, o en distintos tipos de jugos o salsas (Rodríguez, 2001).

El cultivo del tomate o el jitomate se puede realizar mediante siembra directa o por trasplante, influyen muchos factores para emplear una u otra forma.

En México en especial el estado de Sinaloa principal productor de jitomate e Hidalgo, predomina la siembra por trasplante, en Guanajuato se usan ambas formas, en Morelos la mayoría emplean siembra directa y en Michoacán se utiliza el trasplante.

En el estado de Michoacán existen algunas zonas productoras de jitomate, las cuales son en los municipios de Yurécuaro, La Piedad, Zamora y en el valle de Apatzingán.

En el valle de Apatzingán, Michoacán en especial en la zona del municipio de Parácuaro y en el municipio de Aguililla se cultiva el tomate en donde predominan los

suelos vertisoles, se han evaluado que por cada 100 metros de conducción en canales de tierra, se pierden 2 litros por segundo, lo cual significa gasto de energía en agua no utilizada por el cultivo.

Debido a todo lo anterior, la técnica de fertirrigación se presenta como una alternativa para mejorar la eficiencia del uso del agua, de manera que reduzcan costos económicos y ecológicos en la producción de tomate y de todos los cultivos en Michoacán.

2.2. Que dice la teoría al respecto

El agua es uno de los más importantes componentes de todos los organismos vivientes. Específicamente en la plantas, es el principal constituyente, ya que representa 80 % o más del peso de la plantas herbáceas. Además de ser una parte fundamental, constituye el medio de transporte de los nutrientes que provienen del suelo y en el proceso fotosintético el agua se combina con el dióxido de carbono para constituir la biomasa, es decir la planta misma (Palacios, 1998).

Una aplicación eficiente del agua de riego, implica que el volumen de agua aplicado es el adecuado para la humedad del suelo en la zona de exploración de las raíces de las plantas, alcance la capacidad de campo, sin que percole agua en exceso debajo de esta zona, ni haya un escurrimiento fuera del terreno de riego, ni se produzca erosión en el suelo. Adicionalmente, la distribución de la humedad en todo espesor de la zona radical, debe ser uniforme (Palacios, 1998).

El método de riego seleccionado y diseñado para un predio debe satisfacer la demanda máxima de agua de los cultivos, los cultivos en hileras se pueden regar con los sistemas de surcos, melgas, aspersión y goteo. Los cultivos de cobertura total se pueden regar con cajetes, microaspersión y borboteo. En el caso de las hortalizas de alto valor económico regadas con sistema de goteo, por la facilidad de aplicar agroquímicos con alta uniformidad (Herrera, Peña y González, 2000).

Las características biológicas del suelo juegan un papel muy importante en cuanto al suministro de nutrimentos y control de patógenos.

apoyo de algunas instituciones de gobierno fueron adquiriendo los sistemas de riego localizado por cintilla, para posteriormente operarlos a base de prueba y error. En cuanto a fertirriego tampoco existe información confiable sobre algún método; la fertilización se ha venido haciendo de acuerdo a la experiencia del productor, esto ha dado como resultado un alto costo de producción y a veces la falta de calidad del producto.

2.3. Objeto del estudio

La mayoría de los productores de melón de tomate del valle de Apatzingán no cuenta un programa de fertirriego adecuado ni el apoyo de algún técnico, sin embargo para tener una alta productividad se necesita tomar en cuenta el manejo integral del cultivo y dentro de este, el uso y manejo eficiente del agua de riego agrícola junto con la fertilización adecuada, conocimiento y experiencia del productor aunado a esto, el presente estudio tiene como objeto contribuir y cooperar para hacer un buen uso y manejo del riego y la fertilización agrícola de manera práctica por medio de la lógica de consumo de nutrición del cultivo.

2.4. Aplicación del estudio en campo

Para poder lograr estándares altos en producción, tamaño y calidad e inocuidad de frutos en este cultivo constituye actualmente para todas las regiones productoras de tomate del estado y del país un gran reto y un problema principal, influenciado esto por otros problemas principalmente como la presencia de organismos dañinos como enfermedades, fungosas del follaje, fruto y raíz y plagas del follaje, raíz y fruto. Este trabajo está enfocado a resolver una parte de la problemática existente en el proceso de producción que es el fertirriego que influye bastante en la calidad del fruto a comercializar.

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción botánica y taxonómica del tomate

El tomate es una planta que pertenece a la familia de las solanáceas denominada científicamente *Lycopersicon esculentum* Mill aunque más modernamente se tiende hacia la denominación *Lycopersicon lycopersicum* (L.) Fawell. Potencialmente perenne y muy sensible a las heladas, que determina su ciclo anual, de distinta duración según la variedad (Maroto, 2002).

Maroto (2002) describe la clasificación taxonómica del tomate.

- Familia: ***Solanaceae***
- Género: ***Solanum***
- Especie: ***S. lycopersicum***
- Orden: ***Solanales***
- Nombre científico: ***Lycopersicon esculentum* Mill**
- Nombre común: Tomate o jitomate

Posee un sistema radicular amplio, constituido por una raíz principal que puede alcanzar hasta 50 – 60 centímetros de profundidad, provista de una gran cantidad de ramificaciones secundarias y reforzando por la presencia de un gran número de raíces adventicias surgidas desde la base de los tallos.

El *tallo* del tomate es anguloso, recubierto en toda su longitud de pelos perfectamente visibles, muchos de los cuales al ser de naturaleza glandular, le confieren a la planta un olor característico. En un principio el porte del tallo es erguido, hasta que llega un momento en que por simples razones de peso, rastrea sobre el suelo. El desarrollo del tallo es variable en función de los distintos cultivares, existiendo dos tipos fundamentales de crecimiento:

- *Cultivares con tallos de desarrollo determinado o definido*, en los que el crecimiento del tallo principal, una vez que ha producido lateralmente varios “pisos” de inflorescencias – normalmente, entre cada 1 ó 2 hojas, – detiene su crecimiento como consecuencia de la formación de una inflorescencia terminal.
- *Cultivares con tallos de desarrollo indeterminado o indefinido*, que tienen la particularidad de poseer siempre en su ápice un meristemo de crecimiento que produce un alargamiento continuado del tallo principal, originando inflorescencias solamente en posición lateral, normalmente cada tres hojas.

Las *hojas* se disponen sobre los tallos alternadamente y son compuestas e imparipinadas, constituidas generalmente por 7 a 9 folíolos lobulados o dentados, pudiendo aparecer en el raquis de la hoja pequeños foliolillos. De la misma manera que el tallo, están recubiertas de pelos glandulares que confieren al olor característico a la planta de tomate.

La *floración* del tomate se produce en forma de racimos simples o ramificados (distintos tipos de cimas) en diferentes pisos o estratos, siendo lo normal que en cada inflorescencia pueda haber entre 3 y 10 flores, aunque en ocasiones pueden llegar hasta 50, de polinización autógena.

El *fruto* del tomate es una baya globosa o piriforme, de color generalmente rojo en la maduración, aunque algunas variedades pueden presentar otras coloraciones, como amarillo, violeta, etc. La superficie de la baya puede ser lisa o acostillada y en su interior se determinan claramente los lóculos carpelares, que pueden variar entre 2 y 30. La placentación puede no ser regular. El diámetro de los frutos varía entre 3 y 16 centímetros.

Las *semillas* son grisáceas, de pequeño tamaño, discoidal y recubierto de vellosidades. En 1 gramo de semillas puede haber hasta 350 semillas y su capacidad germinativa dura cuatro ó cinco años.

3.2. Adaptabilidad y capacidad del riego localizado

Es de gran interés del riego localizado, principalmente por goteo, se debe a su capacidad de reducir tanto el consumo de agua como los costes asociados al riego, especialmente los de mano de obra. El agua se aplica localmente, solo ahí donde las raíces del cultivo se desarrollan, por lo que los sistemas de riego por goteo pueden regar algunos cultivos con una cantidad de agua inferior a la que se necesitarían cuando se recurre a otros métodos de riego subsuperficial, en el que la fracción del área mojada expuesta a la radiación solar es menor que la que humedecen otros sistemas de riego. Estos ahorros de agua disminuyen con la edad de los árboles y son menores para los cultivos que cubren totalmente la parcela cultivada. También, pueden ser significativas cuando es necesario hacer frente a la escasez o a un alto precio del agua. El riego localizado reduce los costos de mano de obra al no necesitarla para su funcionamiento. Su regularización y control se realiza, normalmente con dispositivos automáticos de temporización: sin embargo, los emisores y sistemas de control necesitan ser inspeccionados frecuentemente (Santos *et al.*, 2010).

La aplicación de fertilizantes con el agua de riego (fertirriego) se aconseja en riego localizado, ya que permite un mayor control sobre la localización y el momento de actuación de los fertilizantes, lo que puede mejorar su eficiencia y contribuir a eliminar los riesgos de contaminación asociados al uso de los fertilizantes. Además se evitan los trabajos necesarios para su aplicación por medios tradicionales.

El riego localizado es, especialmente, adecuado para el suministro de pequeñas dosis con alta frecuencia, lo que permite mantener la mayor parte del suelo en

buenas condiciones de aireación y de humedad, evitando el estrés hídrico. Por otro lado, cuando el riego es frecuente, se mantiene baja la concentración de solución del suelo, lo que hace posible la utilización de agua con un contenido de sales más elevado que con los otros métodos de riego. Los sistemas de riego localizado pueden diseñarse para trabajar en, prácticamente, cualquier tipo de topografía. Mientras que el agua sea aplicada cerca de cada árbol, los suelos pedregosos y con aflojamientos rocosos pueden ser regados con sistemas de riego por goteo, aunque el espaciamiento entre árboles sea irregular y variable. Además, los suelos con horizontes de textura variable, (suelos estratificados), así como poco profundos pueden regarse eficientemente con riego localizado, especialmente con riego por goteo (Santos *et al.*, 2010).

El riego localizado tiene, también desventajas y limitaciones. Así los costos de las instalaciones son, en general, superiores a las de los demás sistemas de aspersión. Como contrapartida, puesto que operan a presiones inferiores, requieren menos agua, se automatizan con más frecuencia y los costos de energía son inferiores.

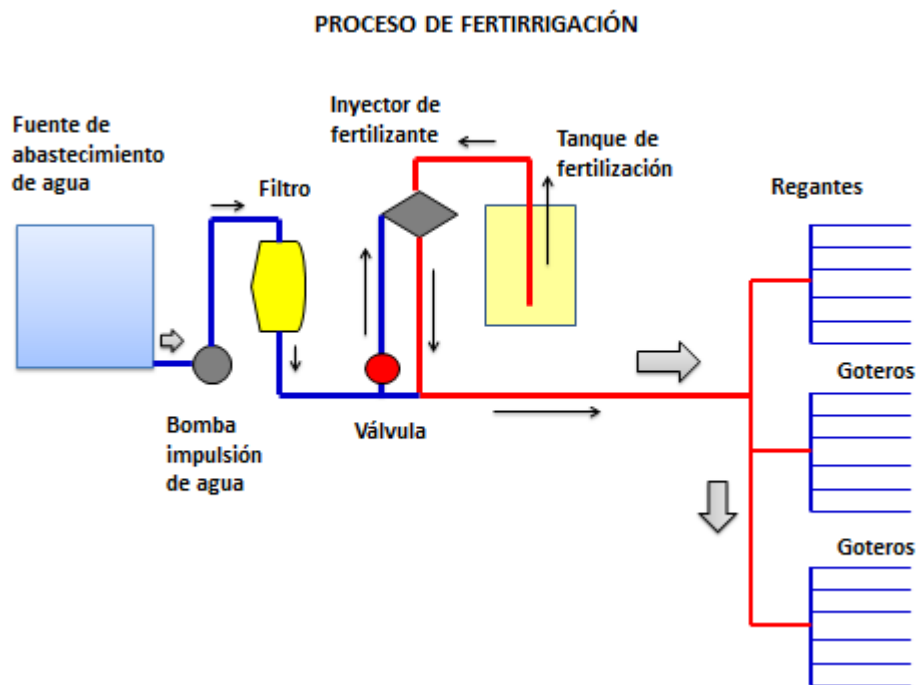
Los orificios de los emisores, por ser muy pequeños, pueden obstruirse fácilmente por partículas minerales o de materia orgánica. Las obstrucciones reducen el caudal descargado y afectan la uniformidad de distribución de agua, con los correspondientes perjuicios al cultivo. Para evitar las obstrucciones, se usan filtros que retengan las partículas antes de entrar a las tuberías de distribución de agua. También pueden formarse precipitados de sales en el interior de las tuberías, o en los orificios de salida de los emisores por evaporación del agua entre los riegos. Los óxidos de hierro, los carbonatos de calcio, las algas y los limos son las causas más frecuentes de las obstrucciones del riego localizado. Como consecuencia, puede ser necesario un tratamiento químico del agua para prevenir, o corregir, estas obstrucciones (Santos *et al.*, 2010).

3.3. Fertirrigación

La mayor ventaja del riego localizado no es la utilización de aguas salinas y el ahorro de agua, sino la posibilidad de hacer una fertilización día a día, en función del proceso fotosintético y exactamente a la medida de un cultivo, un sustrato y un agua de riego determinados y para unas condiciones ambientales definidas.

La dosificación de fertilizantes repartida durante todos los días del ciclo del cultivo permite hacer frente a los posibles problemas de contaminación que pueden originarse por un exceso transitorio de fertilizantes en el suelo o sustrato ver figura 1.

Figura 1. Diagrama de proceso de fertirrigación en sistema de riego por goteo.



Los tanques de fertilización sirven para: la inyección de fertilizante líquido en el agua de riego ((fertirrigación); eventualmente, para la inyección de productos fitosanitarios convenientemente disueltos (quimirrigación) y para la inyección de productos químicos que frenen la obstrucción de emisores. Si se pretende obtener mayores producciones con riego localizado, es esencial una aplicación correcta de fertilizantes

y, en una agricultura con avanzada tecnología, ejecutar los tratamientos con agroquímicos en combinación con los de riego (Threadgillet *et al.*, 1990; Burtet *et al.*, 1995; Papadopulos, 1996).

La aplicación de los fertilizantes deberá hacerse en no más del 70 al 80 % de la duración del riego, dando tiempo suficiente para limpiar el sistema tras la aplicación con agua de riego limpia. Los tanques de los fertilizantes están, generalmente, disponibles en volúmenes que van 30 litros a varios cientos de litros. Pueden asociarse a pequeñas válvulas volumétricas automáticas para controlar los volúmenes aplicados. Tales equipamientos facilitan la utilización de tanques portátiles (Santos *et al.*, 2010).

Entre las ventajas del sistema de fertirrigación se pueden citar:

- *Dosificación racional de los fertilizantes*
- *Un ahorro de agua considerable*
- *Utilización de aguas incluso de mala calidad*
- *Nutrición del cultivo optimizada y por tanto aumento de rendimientos y calidad de frutos*
- *Control de la contaminación*
- *Mayor eficacia y rentabilidad de los fertilizantes*
- *Adaptación de los fertilizantes a un cultivo, sustrato, agua de riego y condiciones climáticas, durante todos y cada uno de los días del ciclo del cultivo*
- *Automatización de la fertilización*

Entre los posibles inconvenientes del sistema de fertirrigación se pueden citar:

3.4. Diagnóstico del estudio sustentado en la necesidad de fertirriego del productor

Existen diferentes métodos para determinar cuándo y cuánto regar, los más conocidos son: por calendario, gravimétrico, utilización de tensiómetros y el método bioclimático. De ellos, el uso de tensiómetros es el más práctico y uno de los más eficientes. Este implemento indica, mediante una escala graduada, el contenido de humedad existente en el suelo, cuyos valores servirán como referencia para determinar el volumen de agua y el momento oportuno para regar.

Los consumos diarios de nutrimentos son más bajos al inicio del cultivo sin embargo la cantidad de agua que consume también es menor, por lo que la concentración de nutrimentos en la solución nutritiva a lo largo del ciclo es relativamente similar (Castellanos y Ojodeagua, 2009).

3.5. Metodología de los cálculos de riego y fertilización

Los programas de fertilización se fundamentan en: el agua es el principal alimento y vehículo de transporte de los nutrimentos. Cada vez que se riega debe fertilizarse para dosificar fraccionadamente el nutrimento y de acuerdo con las demandas de la planta en cada etapa del desarrollo. Las demandas anuales o por ciclo del cultivo. Los análisis de suelo, agua y plantas son útiles para orientar y hacer ajustes de fertilización (Miranda, 2013).

Se requiere de una metodología práctica basada en la lógica de consumo del cultivo de nutrición y agua para preparar el programa de fertirriego para una parcela de *12 hectáreas*, que se riega en *3 secciones de 4.00 hectáreas*, con un gasto de 16 lpsó 57.6 m³ por hora, la dosis de fertilización para el cultivo de tomates saladetSULTAN F1

que recomienda el INIFAP en el valle de Apatzingán es de 180-60-60 de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente y 8 kilos de magnesio.

Las características técnicas del genotipo SULTAN F1 utilizado son 22 días de siembra a trasplante, número de días al primer corte es de 65 a 75 después de trasplante. Su ciclo vegetativo es de aproximadamente 100 a 110 días (ver anexo A).

Para el cultivo de tomate usando un híbrido SULTAN F1 intermedio y con fertilización preventiva del consumo de nitrógeno por microorganismos es de 50 kilos de sulfato de amonio. El fertirriego se aplica de forma semanal y durante 16 semanas.

Los 50 kilogramos de nitrógeno en forma de sulfato de amonio no se toman en cuenta para el programa de fertirriego, debido a que los consumirán los microorganismos del suelo.

Se decide que se aplican los riegos diario y hacer fertilizaciones semanales, con un fertilizante cada día; aunque los fertilizantes son compatibles entre ellos excepto el sulfato de magnesio, además la granulometría que presentan es diferente por consiguiente el tiempo de dilución varía para cada uno.

El suelo tiene un pH de 7.4 con nivel de calcio alto por tanto no se requiere de este elemento por esta vía de fertirriego y se requiere aplicar sulfatos que son fertilizantes de reacción ácida ver cuadro 1 y anexo B.

Cuadro 1. Fuentes de fertilizante que se utilizadan en fertirrigación de tomate saladet.

Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	Índice de acidez	Índice de basicidad
Fosfato mono-amónico (MAP)	11	52					58	*
Sulfato de potasio			48-50			18	*	*
Sulfato de amonio	21					24	93	*
Sulfato de magnesio					16.5	22.9	6 a 8	*

El plan de fertirriego requiere de la aplicación de fósforo, que se recomienda inyectado como fosfato monoamónico (MAP soluble). También requiere de potasio que puede ser aplicado como sulfato de potasio, nitrógeno en forma de sulfato de amonio y 8 kilogramos de magnesio en forma de sulfato de magnesio vercuadro 2.

Cuadro 2. Solubilidad de los fertilizantes utilizados en fertirrigación de tomate saladet.

Fertilizante	Solubilidad	Unidades
Fosfato mono-amónico (MAP)	706	gr / lt
Sulfato de potasio	120	gr / lt
Sulfato de amonio	770	gr / lt
Sulfato de magnesio	420	gr / lt

Fósforo (Fosfato mono-amónico MAP)

Cantidad de fósforo

$$\text{Cant. de P semana: } \frac{60 \text{ kg por ha}}{13 \text{ semanas}} = 4.61 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ por semana}$$

a. Cantidad de fertilizante por hectárea de MAP

$$\text{Can. de fert. por ha} = \frac{4.61 \text{ kg por ha} \cdot 100}{52 \% \text{ concentración}} = 8.875 \text{ kg de MAP por ha}$$

b. Cantidad de fertilizante por puesta

$$C \text{ fert puesta} = (Cant \text{ fert por ha})(4 \text{ ha por sección})$$

$$Cant \text{ fert puesta} = 8.875 \text{ kg} \cdot 4 \text{ has de sección} = \mathbf{35.50 \text{ kg por puesta}}$$

c. Volumen de agua por puesta de riego para MAP

$$Va = \frac{Kg \text{ por ha de fertilizante}}{\text{Solubilidad del MAP}}$$

$$Va = \frac{8.875 \text{ kg por ha}}{0.750 \text{ kg por lt}} = \mathbf{11.85 \text{ lt/ha}}$$

$$Vt = (\text{Vol de agua por puesta} \cdot \text{sección de 4 has})$$

$$Vt = 11.85 \text{ lt por ha} \cdot 4 \text{ ha} = 47.4 \text{ lt de agua}$$

Tiempo de inyección (Ti), considerando una $LR = 0.6 \text{ cm}$, $Q = 16 \text{ lps}$. $IR = 1$, $Et = 1.89 \text{ mm/día}$, $Sup = 4 \text{ has por sección}$.

Dónde según datos registrados del DDR 086 Apatzingán de la estación agroclimatológica de Piedras Blancas, municipio de Buenavista Tomatlán se obtiene la evapotranspiración potencial del tomate saladet del mes de octubre ver anexo C.

$$\text{Evapotrans. potencial} = [Eto] \text{Evapotransp. de referencia (mm) por día} \cdot [Kc] \text{ Coeficiente del cultivo}$$

$$\text{Evapotranspiración potencial} = 4.40 \text{ mm por día} \cdot 0.43 = 1.892 \text{ mm/día}$$

$$Ti = \frac{27.8 \cdot 4 \cdot 0.6}{16 \cdot 1 \cdot 1.892} = 2.20 = 2 \text{ h } 12 \text{ min}$$

d. Gasto de inyección en cm^3 por minuto:

$$\text{Fórmula: } Qi = \frac{\text{Volumen de agua en (lt)}}{\text{tiempo de inyección en (min)}}$$

$$Qi = \frac{47.4 \text{ lt de agua}}{2.12 \text{ hr} = 132 \text{ min}} = \mathbf{0.359 \text{ lt por min} \cdot 60 \text{ min} = 21.54 \text{ lt por hr}}$$

Si se considera que el sistema debe lavarse durante 20 minutos finales, se tiene que el tiempo de inyección $Ti = 2\text{hr}12 \text{ min} + 20 \text{ min} = 2\text{hr}32 \text{ min}$.

e. Cantidad de nutriente en kilogramos por hora

$$\text{Cant. Nutr. Iny.} = \text{Gasto de inyección (lt por hr)} \cdot \text{Solubilidad del MAP (kg por hr)} =$$

$$\text{Cant de Nutr. Iny.} = 23.54 \text{ lt por hr} \cdot 0.750 \text{ kg por lt de agua} = \mathbf{17.65 \text{ kg por hr}}$$

$$\text{Cant. de Nutr. Iny.} = \frac{17.65 \text{ kg por hr}}{60 \text{ min} = 1 \text{ hr}} = 0.478 \text{ kg por min}$$

Potasio (sulfato de potasio)

Cantidad de potasio

$$\text{Cant. de K semana} = \frac{60 \text{ kg por ha}}{13 \text{ semanas}} = 4.61 \text{ kg por semana}$$

a. Cantidad fertilizante por hectárea de Sulfato de Potasio

$$\text{Cant de fert por ha} = \frac{4.61 \text{ kg por ha} \cdot 100 \%}{50 \% \text{ concentración}} = \mathbf{9.22 \text{ kg por ha de Sulf Pot}}$$

b. Cantidad de fertilizante por puesta

$$C \text{ fert puesta} = (\text{Cant fert por ha})(4 \text{ ha por sección})$$

$$\text{Cant fert por puesta} = 9.22 \text{ kg} \cdot 4 \text{ has por sección} = \mathbf{36.88 \text{ kg de fert. sulf pot}}$$

Volumen de agua para dilución

$$Va = \frac{\text{Kg de fert por ha}}{\text{Solubilidad del Sulf Pot}} =$$

$$Va = \frac{9.22 \text{ kg por ha}}{0.120 \text{ kg por lt}} = 76.83 \text{ lt por ha}$$

c. Volumen de agua por puesta de riego para Sulfato de Potasio

$$Vt = 76.83 \text{ lt por ha} \cdot 4 \text{ has} = \mathbf{307.33 \text{ lt de agua}}$$

d. Gasto de inyección en litros por minuto

$$Qi = \frac{\text{Volumen de agua en (lt)}}{\text{Tiempo de inyección en (min)}}$$

$$Qi = \frac{307.33 \text{ lt de agua}}{2.12 \text{ hr} = 132 \text{ min}} = \mathbf{2.32 \text{ lt por min.}}$$

$$2.32 \text{ lt por min} \cdot 60 \text{ min} = 139.69 \text{ lt por hr}$$

e. Cantidad de nutriente inyectado en kilogramos por hora

$$\text{Cant. Nutr. Iny.} = \text{Gasto de inyección (lt por hr)} \cdot \text{Solubilidad del Sulf. Pot. (kg por lt)}$$

$$\text{Cant de Nutr.} = 139.69 \text{ lt por hr} \cdot 0.120 \text{ kg por lt} = \mathbf{16.96 \text{ kg por hr}}$$

Nitrógeno (Urea)

Cantidad de nitrógeno. Se consideran las aportaciones de nitrógeno al aplicar Fosfato Mono Amónico (MAP), y luego se calcula en faltante con Urea.

Se aplican 8.875 kg de fosfato Mono Amónico (MAP) y tiene 11 % de nitrógeno, se tiene que:

$$C_{N1} = \frac{8.875 \text{ kg} \cdot 11\%}{100\%} = 0.976 \text{ kg de nitrógeno}$$

Cantidad de nitrógeno por semana

$$C_N = \frac{180 \text{ kg por ha}}{13 \text{ semanas}} = 13.84 \text{ kg por semana}$$

La cantidad de nitrógeno faltante será:

$$C_{NF} = 13.84 \text{ kg} - 0.976 \text{ kg} = 12.88 \text{ kg por semana /ha}$$

a. Cantidad de Urea

$$Cant \text{ fert ha} = \frac{12.88 \text{ kg} \cdot 100\%}{46\%} = 28 \text{ kg por ha}$$

b. Cantidad de fertilizante por puesta

$$C \text{ fert puesta} = (Cant \text{ fert por ha})(4 \text{ ha por sección})$$

$$Cant \text{ fert puesta} = 28 \text{ kg por ha} \cdot 4 \text{ has por sección} = \mathbf{112 \text{ kg por puesta de Urea}}$$

Volumen de agua para la dilución

$$V_a = \frac{28 \text{ kg por ha}}{1.200 \text{ kg por lt}} = 23.33 \text{ lt por ha}$$

c. Volumen de agua por puesta de riego

$$Vt = 23.33 \text{ lt por ha} \cdot 4 \text{ has de cada sección} = 93.33 \text{ lt de agua}$$

d. Gasto de inyección en litros por minuto

$$Qi = \frac{93.33 \text{ lt}}{2.12 \text{ hr} = 132 \text{ min}} = 0.707 \text{ lt por min}$$

$$0.707 \text{ lt por min} \cdot 60 \text{ min} = \mathbf{42.42 \text{ lt por hr}}$$

e. Cantidad de nutriente en kilogramos por hora

$$\text{Cant de Nutr.} = 42.42 \text{ lt por hora} \cdot 1.2 \text{ kg por lt de agua} = \mathbf{50.90 \text{ kg por hr}}$$

Magnesio (Sulfato de magnesio)

Cantidad de magnesio

$$\text{Cant. de Mg} = \frac{8 \text{ kg por ha}}{13 \text{ semanas}} = 0.61 \text{ kg por ha/semana}$$

a. Cantidad de sulfato de magnesio

$$\text{Cant fert por ha} = \frac{0.61 \text{ kg por ha} \cdot 100 \%}{16.5 \%} = \mathbf{3.72 \text{ kg de fert por ha}}$$

b. Cantidad de fertilizante por puesta

$$C \text{ fert puesta} = (\text{Cant fert por ha})(4 \text{ ha por sección})$$

$$\text{Cant fert pusta} = 3.72 \text{ kg por ha} \cdot 4 \text{ has por sección} = \mathbf{14.91 \text{ kg por puesta}}$$

Volumen de agua para dilución

$$V_a = \frac{\text{Kg por ha de fertilizante}}{\text{Solubilidad del Sulfato de Magnesio}}$$

$$V_a = \frac{3.72 \text{ kg por ha}}{0.420 \text{ kg por lt}} = 8.85 \text{ lt por ha}$$

c. Volumen total de agua en litros

$$V_t = 8.85 \text{ lt por ha} \cdot 4 \text{ has de sección} = \mathbf{35.4 \text{ lt}}$$

d. Gasto de inyección en litros por minuto y hora

$$Q_i = \frac{\text{Volumen de agua en (lt)}}{\text{Tiempo de inyección en (min)}}$$
$$Q_i = \frac{35.4 \text{ lt}}{2.12 \text{ hr} = 132 \text{ min}} = \mathbf{0.261 \text{ lt por min}}$$

$$0.261 \text{ lt por min} \cdot 60 \text{ min} = \mathbf{15.66 \text{ lt por hr}}$$

e. Cantidad de nutriente en kilogramos por hora

$$\text{Cant de Nutr.} = 35.4 \text{ lt por hora} \cdot 0.420 \text{ kg por lt de agua} = \mathbf{14.88 \text{ kg por hr}}$$

IV. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

4.1. Recomendaciones

El programa de aplicaciones queda integrado inyectando un fertilizante cada día durante 2 horas 12 minutos, con diferentes gastos de inyección cada día y se presenta en el cuadro siguiente:

Cuadro 3. Recomendación de inyección de fertilizante para el cultivo de tomate saladet.

	a	b	c	d	e
Fertilizante	kg/ha	Kg/puesta	Vol de agua lt	Qilt/hr	Nutriente kg/hr
Fosfato mono-amónico (MAP)	8.875	35.50	47.40	21.54	17.65
Sulfato de potasio	9.22	36.88	307.33	139.69	16.96
Urea	28.00	112.00	93.33	42.42	50.90
Sulfato magnesio	3.72	14.91	35.40	15.66	14.88

Es recomendable utilizar un solo tanque de fertilización con una capacidad de volumen de 1,150 litros de agua, poniendo el fertilizante necesario y agregando el volumen de agua suficiente tal y como se indica en el cuadro anterior. Así cada solución de fertilizante tendrá la dosis y concentración correcta.

4.2. Sugerencias

Debido a la distinta granulometría que presenta cada fertilizante se sugiere no mezclar todos los fertilizantes por la segregación de las partículas por la diferencia de tamaño.

El nitrógeno y el azufre que contienen los fertilizantes influyen de crecimiento y desarrollo de raíz, tallo follaje y fruto de la planta por tanto se sugiere hacer las aplicaciones de fertilizante de acuerdo a las recomendaciones antes mencionadas

De preferencia se deben aplicar fertilizantes de alta solubilidad en los sistemas de riego localizado, además deben ser muy bien diluidos previa a su aplicación para evitar taponamientos en los emisores del sistema de riego. También se sugiere el lavado del sistema de riego periódicamente cuando menos una vez cada 15 días independientemente del tiempo de 20 minutos recomendado después de cada aplicación de fertilizante.

V. CONCLUSIONES

Con la ayuda de esta metodología práctica y adaptando la tecnología con la que el agricultor cuente, se puede definir como y cuanto fertilizar, que estrategia seguir y como controlar el fertirriego.

El riego localizado es una actividad dinámica que se debe estar monitoreando constantemente para realizar los cambios pertinentes; por tanto, requiere de una integración de factores, métodos y conocimientos para realizarlo de manera correcta.

Muchas de las veces los productores no cuentan con un programa de fertirriego eficiente, lo que puede hacer más difícil y laboriosa la tarea de fertilizar el cultivo. Lo más importante es adoptar un método de acuerdo a la infraestructura y presupuesto con el que se cuenta.

El control del fertirriego al inicio del cultivo es importante para promover el enraizamiento adecuado e ir llevando la planta al balance nutrimental deseado. Un suministro excesivo de agua al cultivo puede causar una saturación de agua en el suelo y por tanto la falta de oxigenación del mismo y posteriormente enfermar por *Phytium*.

ANEXOS

Anexo A.

Ficha técnica de tomate saladet SULTAN

Anexo B.

Fichas técnicas de fertilizantes utilizados

Anexo C.

Datos estadísticos agroclimatológicos de la estación de Piedras Blancas, municipio de Buenavista Tomatlán, Michoacán del DDR 086

Anexo D.

Cuadro de compatibilidad de los fertilizantes utilizados

Anexo E.

Tabla del número de riegos del cultivo de tomate saladet

Anexo A.

Ficha técnica de tomate saladette SULTAN

- jitomate tipo soladet de planta determinada, sus condiciones de adaptabilidad le permite ser cultivado de manera rastrera y envarado.
- con su frutos de color rojo intenso al madures y un excelente firmeza al contar con paredes gruesas, le permite a este jitomate tener un alarga vida de anaquel.
- BIG RIO ofrece frutos de tipo ovalado con pesos promedio de 110-130 grs
- BIG-RIO al contar con una plata de gran follaje le permite contener el daño de golpe de sol sus frutos.
- Tolerancia a F1-2Bsp

Anexo B.

Fichas técnicas de fertilizantes utilizados

Fórmula: $(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$	
Características	
Apariencia	Gránulo gris oscuro
Tamaño gránulos	1-4. mm
Humedad en peso	1 %
pH	4.9
Densidad granel	950 Kg/m ³
Peso Molecular	132.06
Total N	11.00%
Total N NH ₄	11.00%
Total P ₂ O ₅	52.0%
Total P	22.69%
Total K	0%
Total SO ₄	0%
Total Mg	0%
Total Ca	0%
Total Zn	0%
Total Otros	0%

Puede mezclarse con: Urea de Liberación Controlada (ESN), Urea, Cloruro de Potasio, Sulfato de Potasio, K-Mag, entre otros.

Anexo C.

Datos estadísticos agroclimatológicos de la estación de Piedras Blancas municipio de Buenavista Tomatlán, Michoacán del DDR 086

Piedras Blancas, municipio de Buenavista Tomatlán, Michoacán			LATITUD: 19° 02' N Elevación: 344.0 msnm		LONGITUD: 102° 35' W	
MES	Días	Evap (mm/mes)	Evap (mm/día)	Eto. (mm/mes)	Eto (mm/día)	LL (mm)
Enero	31	179.80	5.80	143.84	4.64	14.90
Febrero	28	201.60	7.20	161.28	5.76	2.80
Marzo	31	279.00	9.00	223.20	7.20	3.60
Abril	30	303.00	10.10	242.40	8.08	0.90
Mayo	31	306.90	9.90	245.52	7.92	20.50
Junio	30	234.00	7.80	187.20	6.24	127.90
Julio	31	186.00	6.00	148.80	4.80	148.70
Agosto	31	179.80	5.80	143.84	4.64	134.90
Septiembre	30	162.00	5.40	129.60	4.32	101.30
Octubre	31	170.50	5.50	136.40	4.40	47.40
Noviembre	30	171.00	5.70	136.80	4.56	12.50
Diciembre	31	164.30	5.30	131.44	4.24	5.90

Jitomate

Fecha de siembra: marzo

Ciclo vegetativo: 90 a 120 días.

MES	Kc	CA	REL CA/LL	CLL	Lluvaprov (mm)	RR (mm)
Enero						
Febrero						
Marzo	0.43	97.76	27.15	0.99	3.56	94.19
Abril	0.66	159.98	177.76	0.99	0.89	159.09
Mayo	0.99	244.54	11.92	0.99	20.29	224.24
Junio	0.82	154.44	1.20	0.47	60.11	94.32
Julio						
Agosto						
Septiembre						
Octubre						
Noviembre						
Diciembre						

Anexo D.

Cuadro de compatibilidad de los fertilizantes utilizados

FERTILIZANTE		1	2	3	4
		Fosfato mono-amónico (MAP)	Sulfato de potasio	Sulfato de amonio	Sulfato de magnesio
1	Fosfato mono-amónico (MAP)	*	SI	SI	NO
2	Sulfato de potasio	SI	*	SI	NO
3	Sulfato de amonio	SI	SI	*	NO
4	Sulfato de magnesio	NO	NO	NO	*

SI = SI SON COMPATIBLES

NO = NO ES COMPATIBLE

Anexo E.

Tabla del número de riegos del cultivo de tomate saladet

Núm.	Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1	Octubre	Plántulas en charolas			4
2	Noviembre	7	7	7	7
3	Diciembre	7	7	7	7
4	Enero	7	7	7	7
Total de riegos					88

LITERATURA CONSULTADA

Cadahia López, C., (2001). El cultivo de tomate. Capítulo 5 Fertilización. Editorial Mundi-Prensa. Reimpresión 2001. Bilbao, España. Pág. 169.

Castellanos, J. Z., Ojodegua, J. L., (2009). Manual de producción de tomate en invernadero. Capítulo 8. Manejo de la fertirrigación del tomate en suelo. Editorial Intagri. Primera edición. Celaya, Guanajuato, México. Pág. 187, 192.

Castellanos, J. Z., Uvalle Bueno, J. X., Aguilar Santelises, A. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Intagri. Segunda edición. Celaya, Guanajuato, México. Pág. 1.

Herrera Ponce, J. C., Peña Peña, E., González Camacho, J. M., (2000). Operación y evaluación de sistemas de riego presurizado. CONAGUA, IMTA. Segunda edición. Jiutepec, Morelos, México. Pág. 1.

Maroto Borrego, J. V. (2002). Horticultura herbácea especial. Editorial Mundi- Prensa. 5,a edición. Madrid, España. Pág. 405-406.

Miranda Ramírez, J. M. (2013). Diplomado de “Tópicos Avanzados de Ciencias Agropecuarias”. Módulo: Uso y Manejo Eficiente del Agua de Riego Agrícola. Apuntes. UMSNH- ECA. Pág. 8, 49. Apatzingán, Michoacán, México.2013.

Rodríguez Rodríguez, R. (2001). Cultivo moderno del tomate. Editorial Mundi-Prensa. Segunda edición. Madrid, España. Pág. 13-14.

Palacios Vélez, E., (1998). Manual para usuarios y técnicos del agua. Colegio de postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. Pág. 5, 50.

Papadopoulos, I., (1996).Micro-Irrigation and fertigation. In: L. S., Pereira, R. A. Feddes, J. R., Gillery, B. Lesaffre (eds.). Sustainability of Irrigated Agriculture, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, The Netherlands, pp. 309-322.

Santos Pereira, L., Arturo de Juan Valero, J., Picornell Buendía, M. R., Tarjuelo Martín-Benito, J. M. (2010). El riego y sus tecnologías. CREA-UCLM Centro Regional de Estudios del Agua, Universidad de Castilla - La Mancha. Albacete, España. Pág. 231, 232, 235.