

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN AGRONOMIA

Informe Final de Servicio Social

Necesidades nutricionales del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en sus diferentes etapas fenológicas

Prestador de Servicio Social:

Escobar Ramírez Emiliano

Matricula: 2153060650

Asesor Interno:

M. en C. Dorys Primavera Orea Coria

No. Económico:

16435

Lugar de realización:

Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. (100% en línea - Proyecto Emergente UAMX).

Fecha de inicio y terminación:

Del 11 de Octubre del 2021 al 11 de Abril del 2022.

Índice

Resumen	3
Introducción.....	4
Marco Teórico.....	4
Objetivo General.....	13
Metodología	14
Actividades Realizadas.....	14
Objetivos y Metas alcanzadas.....	14
Resultados	15
Discusión	31
Conclusión.....	34
Recomendaciones.....	35
Bibliografía.....	35

Resumen

El presente trabajo se planteó con el objetivo de recabar información de diferentes fuentes de información para conocer cuáles son las necesidades nutricionales del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en sus diferentes etapas fenológicas. La producción de tomate se cultiva en grandes extensiones, de las cuales se obtienen importantes volúmenes de producción. Al primer mes del 2021 para el ciclo PV 2020 la producción nacional de tomate, fue de un millón 878 mil 289 toneladas. Para la primera etapa de germinación del tomate, se recomienda la aplicación de fósforo, potasio, calcio y magnesio, esto para que la planta desarrolle raíces. Para las siguientes etapas fenológicas el tomate requiere una alta disponibilidad de macronutrientes como N, P, K, Ca, Mg, S y micronutrientes como Fe, Mn, Cu, B y Zn. Se recomienda que a partir del trasplante y hasta la floración, la relación de fertilización de nitrógeno y potasio deba ser 1:1. Al inicio del llenado del fruto la cantidad de K debe ser mayor (N/K 1:2 o 1:3) por su contribución en la maduración y el llenado de frutos. La absorción de macronutrientes se eleva a partir de la floración (45 días) y hasta el inicio de la maduración de los frutos (90 días), donde se acumula la mayor cantidad de nutrientes. El nitrógeno y el potasio se absorben inicialmente en forma lenta y se incrementa la rapidez de su absorción durante el desarrollo del fruto, mientras el pico de absorción del nitrógeno ocurre principalmente después de la formación de los primeros frutos. El fósforo (P) y nutrientes secundarios, como Ca y Mg, son requeridos en relativamente dosis constantes, a través de todo el ciclo de crecimiento de la planta de tomate. La tasa de absorción de los macronutrientes por semana en el cultivo de tomate la mayor absorción de nutrientes se da en las semanas 8 a la 14 del crecimiento y otro pico toma lugar en el primer corte de frutos. Por lo tanto, la planta requiere altas cantidades de nitrógeno, al inicio de la etapa de crecimiento con aplicaciones suplementarias y después del inicio de la etapa de fructificación. Todos los elementos son necesarios para todas las etapas

fenológicas del tomate, aunque algunos elementos son más demandantes en etapas definidas.

Introducción

El jitomate o tomate rojo (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas de mayor consumo en todo el mundo. Se utiliza en diferentes presentaciones, ya sea crudo formando parte de ensaladas, como ingrediente en salsas, caldos y guisos o procesado, en forma de salsas, purés, jugos o pasta (Mendoza Pérez et al., 2018). El cultivo de tomate se cultiva en grandes extensiones, de las cuales se obtienen importantes volúmenes de producción. (Pérez Espinoza et al., 2017). Al primer mes del 2021 para el ciclo PV 2020 la producción nacional de tomate, es de un millón 878 mil 289 toneladas; 23 mil 987 menor (1.3%) que la producción al mismo mes del año previo (un millón 902 mil 276 toneladas). San Luis Potosí es líder productor al concentrar 17.2% de la producción nacional, seguido de Zacatecas y Michoacán con 10.8% y 9.0%, respectivamente (SIAP, 2021)

Entre las hortalizas que México exporta, el jitomate es la más importante, por la derrama económica que representa para los agricultores y comercializadores su venta externa (SIAP, 2021), además participa de manera importante en la economía internacional. La percepción del consumidor de la calidad de jitomate involucra tanto factores externos como internos (Gonzales y Espinoza, 2016), algunos factores determinantes son el precio y aceptación en el mercado, de modo que para el tomate fresco se valore, se toman en cuenta el sabor, aroma y textura, aspectos que no podría lograrse sin un buen manejo de la calidad del fruto. Es importante mencionar que las variaciones que existen entre calidades en frutos de tomate se deben a muchos factores como: el sistema de producción si es hidroponía o suelo, el genotipo, la forma orgánica o mineral de fertilización, las aplicaciones foliares y la dosis correcta en la nutrición (Pérez Espinoza et al., 2017).

En general, la productividad del tomate rojo por unidad de superficie continúa creciendo. Los rendimientos varían en función de las tecnologías empleadas, tanto

en el cultivo en campo abierto como en la producción en invernaderos altamente tecnificados con sistemas automatizados de riego, nutrición y control fitosanitario (FIRA, 2019).

Para que los rendimientos de producción sean satisfactorios y de calidad en el cultivo, necesitan de una buena nutrición, por lo que conocer las necesidades nutrimentales de la planta es fundamental para un buen rendimiento. Las plantas absorben de su medio, agua, CO₂ y O₂ y una serie de sustancias minerales a partir de las cuales elaboran estructuras y compuestos que aseguran el funcionamiento de los órganos que las constituyen. Las sustancias minerales son provistas principalmente por el suelo, que las posee en cantidades variables y que están disponibles en distinto grado (Bonadeo et al., 2017).

Los elementos químicos esenciales para la planta son 16: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre, calcio, potasio, magnesio, hierro, zinc, manganeso, cloro, cobre, boro y molibdeno. Los nutrientes se clasifican de la siguiente manera, el nitrógeno, fósforo y potasio considerados como macronutrientes, o también se les denomina nutrientes primarios, mientras que el magnesio, calcio y azufre también macronutrientes, se les llama nutrientes secundarios. Son considerados como macronutrientes porque se acumulan en la planta en cantidades considerables. El hierro, cobre, zinc, manganeso, molibdeno y boro se encuentran en la planta en cantidades mucho menores que los macronutrientes y se les conoce como micronutrientes u oligoelementos. (Pérez Leal, 2017).

Marco Teórico

El tomate pertenece a la familia de las *Solanáceas*, al género *Lycopersicon* y a la especie *L. esculentum*. Se adapta a condiciones de clima cálido y templado; cultivándose en lugares con alturas entre los 100 a los 1,500 metros sobre el nivel del mar. Se le cultiva como planta anual, de porte arbustivo. Se desarrolla de

forma rastrera, semierecta o erecta, dependiendo de la variedad (Larin et al., 2018).

Nombre común: Tomate

Familia: *Solanaceae*

Subfamilia: *Solanoideae*

Tribu: *Solaneae*

Género: *Lycopersicon*

Especie: *L. esculentum*

Raíz

Alcanza una profundidad de hasta 2 m, pivotante con muchas raíces secundarias. (Figura 1). Sin embargo, bajo ciertas condiciones de cultivo, al dañarse la raíz pivotante la planta resulta en un sistema radical fasciculado, en que dominan raíces adventicias y que se concentran en los primeros 30 cm del perfil (Baudoin, 2017).



Figura 1. Raíz del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Fuente: Google Imágenes

Tallo

El tallo es grueso, pubescente, anguloso y de color verde. Mide entre 2 y 4 cm de ancho y es más delgado en la parte superior principal. Los tallos secundarios forman nuevas hojas y racimos florales, y en la porción distal se ubica el meristemo apical, de donde surgen nuevos primordios florales y foliares (Figura 2). Inicialmente el tallo tiene una apariencia herbácea; está compuesto de epidermis con pelos glandulares, corteza, cilindro vascular y tejido medular (López Marín, 2017).



Figura 2: Tallo del Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Fuente: Google Imágenes.

Hojas

Espinada y compuesta. Presenta de siete a nueve folíolos peciolados que miden 4-60 mm x 3-40 mm, lobulados y con borde dentado, alternos, opuestos y, por lo general, de color verde, glanduloso-pubescente por el haz y ceniciento por el envés (Figura 3). Se encuentra recubierta de pelos glandulares y dispuestos en posición alternada sobre el tallo. La posición de las hojas en el tallo puede ser semierecta, horizontal o inclinada (López Marín, 2017).



Figura 3: Hojas de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Fuente Google Imágenes

Flor

Consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y de igual número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están unidos por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente como “racimos” (Figura 4). La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal (Baudoin, 2017).



Figura 4: Flores de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Fuente: Google Imágenes

Fruto

El fruto es el órgano comestible, es de tipo baya, bilocular o plurilocular, que puede tener diferentes colores, formas y tamaños. El peso puede ser de pocos gramos a 400 g o inclusive más. El color más generalizado es el rojo y la forma globosa o redondeada en los tomates para consumo en fresco, y alargada en los destinados a la industria (Figura 5). Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas unidas a la placenta y contenidas en una masa gelatinosa, más o menos densa, que constituyen el contenido locular (Del Pino, 2020).



Figura 5: Fruto del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Fuente: Google Imágenes

Requerimientos Edafoclimático

Suelo

La rusticidad de la planta de tomate, permite que sea poco exigente a las condiciones de suelo. Sin embargo, debe tener un buen drenaje. De aquí la importancia de un suelo con alto contenido de materia orgánica. En suelos

arcillosos y arenosos se desarrolla con un mínimo de 40 cm de profundidad. En cuanto al pH de suelo, el óptimo debe oscilar entre 6 y 6,5 para que la planta se desarrolle y disponga de nutrientes adecuadamente. Los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligera a medianamente alcalinos. Respecto a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, es de conductividades superiores a 3 dS/m (Guzmán et al., 2017).

Clima

El tomate prospera mejor en climas secos con temperaturas moderadas. No obstante, el tomate es una especie de estación cálida, su temperatura óptima de desarrollo varía entre 18 y 30°C, por ello, el cultivo al aire libre se realiza en climas templados. Temperaturas bajo 10°C afectan la formación de flores y temperaturas mayores a 35°C pueden afectar la fructificación. Asimismo, la temperatura nocturna puede ser determinante en la producción, ya que, cuando es inferior a 10°C originaría problemas en el desarrollo de la planta y frutos, provocando deformidades (Allende et al., 2017).

Etapas fenológicas

El tomate durante su crecimiento tiene diferentes etapas para su desarrollo, las cuales están relacionadas con la presencia de agua y de nutrientes necesarios por la planta (Figura 6). El crecimiento de la planta también dependerá de la variedad, manejo y lugar donde se establezca el cultivo (Gómez Urrutia y Morales Ramos, 2020).

1.- Germinación-emergencia

La semilla del tomate carece de latencia o dormancia, con requerimientos de oxígeno y de agua en un 75 % de capacidad de campo, y temperaturas templadas, con óptimas entre 20 y 25 °C, con extremos negativos de 5 a 35 °C. La luz no afecta a este proceso, y puede germinar en oscuridad. La emergencia se produce cuando se han acumulado unas 93 unidades de calor (Del Pino, 2020).

2.- Crecimiento vegetativo

Comprende los primeros cuarenta a cuarenta y cinco días desde la siembra de la semilla, después de los cuales las plantas comienzan su desarrollo continuo. A esta etapa le siguen cuatro semanas de crecimiento rápido (López Marín, 2017).

3. Floración

Este periodo se extiende desde el inicio de la floración (de veinte a cuarenta días luego del trasplante) hasta la finalización del ciclo de crecimiento de la planta. El cuaje tiene lugar cuando la flor es fecundada y empieza el proceso de su transformación en fruto (López Marín, 2017).

4. Fructificación – maduración

El desarrollo del fruto desde el "cuajado" tarda unos 45 días aproximadamente para poder ser cosechado, con condiciones ambientales favorables. Los primeros frutos en desarrollar son los proximales, los más cercanos al tallo. A temperaturas de 30 °C diurnas y 24 °C nocturnas. El crecimiento del fruto es muy lento durante las dos primeras semanas, y el fruto llega sólo a un 10 % del peso final. En este período, el crecimiento se debe principalmente a la división celular, y mucho menos al crecimiento de las células. De la tercera a la quinta semana, el crecimiento es muy rápido. Aquí se llega al máximo desarrollo, y el crecimiento se produce por el aumento de tamaño de las células ya formadas (Del Pino, 2020).

5.- Madurez y cosecha

La madurez del fruto inicia entre la semana 10 y semana 16 después del trasplante. La cosecha de tomate se da permanentemente (Gómez Urrutia y Morales Ramos, 2020).



Figura 6: Etapas fenológicas del cultivo de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)
Fuente: Google Imágenes

Nutrición

La ciencia ha identificado 16 nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal saludable (Cooper y Abi-Ghanem, 2017). Los nutrientes necesarios para los cultivos se dividen en dos grupos según la cantidad que la planta necesita para un adecuado desarrollo, estos grupos son: los macronutrientes, son elementos requeridos en grandes cantidades para el adecuado desarrollo y producción de las plantas, dentro de este grupo se encuentra: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca) y azufre (S); el otro grupo son los micronutrientes, los cuales son requeridos por los cultivos en muy pequeñas cantidades, dentro de este grupo se encuentra: manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn) y cobre (Cu)(Castro Villareal y Villarreal-Núñez, 2020). Los micronutrientes desempeñan un rol fundamental en el vigor de la planta, el rendimiento y la calidad de la cosecha promoviendo el crecimiento fuerte y constante de los cultivos que producen mayores producciones y aumentan la calidad de la cosecha, aprovechando al máximo el potencial genético de la planta (Cooper y Abi-Ghanem, 2017).

En la siguiente Tabla (1) se muestran las funciones de los diferentes nutrientes que necesita la planta para su desarrollo óptimo. Estos elementos son esenciales porque: las plantas no pueden completar su ciclo de vida sin ellos y cada elemento tiene por lo menos un rol metabólico en la planta (Sierra et al., 2020).

Tabla 1 Función de los elementos nutricionales en las plantas

Nutriente	Función en la planta
Nitrógeno (N)	Elemento de rendimiento y crecimiento. Promueve crecimiento rápido, ayuda a incrementar la tolerancia al estrés y resistencia de enfermedades.
Fosforo (P)	Elemento de energía y raíces. Estimula el crecimiento de la raíz, promueve el vigor en la planta, acelera la maduración, influye en la floración y formación de semillas
Potasio (K)	Control indirecto de fotosíntesis, y acumulación y translocación de carbohidratos. Imparte vigor, ayuda a incrementar la resistencia a enfermedades, la calidad de la fruta.
Calcio (Ca)	Elemento de la pared celular. Participa en la permeabilidad de la membrana y elongación celular. Ayuda en el crecimiento de vellos radiculares, mejora el vigor de la planta y da consistencia al tallo.
Magnesio (Mg)	Elemento de fotosíntesis. Activador de enzimas que participan en la fotosíntesis, respiración y síntesis de ADN y ARN.
Azufre (S)	Fijación de nitrógeno en leguminosas y ayuda en la producción de semillas.
Boro (B)	Desarrollo y crecimiento de nuevas células en el meristemo de la planta. Formación de nódulos en leguminosas.
Molibdeno (Mo)	Componente de enzimas (nitrato reductasa y nitrogenasa) que participan en el metabolismo de nitrógeno.
Cobre (Cu)	Asociado con enzimas que participan en reacciones de reducción y oxidación (transferencia de electrones).
Hierro (Fe)	Asociado con enzimas que participan en reacciones de reducción y oxidación (transferencia de electrones) en los procesos de respiración y fotosíntesis.
Zinc (Zn)	Producción de clorofila y fotosíntesis. Involucrado en la síntesis de ácidoindol acético.
Manganeso (Mn)	Producción de oxígeno, proveniente del agua, en el proceso de fotosíntesis. Acelera la germinación y madurez del cultivo.
Cloro (Cl)	Necesario para la “partición” de la molécula de agua, para generar oxígeno, para el proceso de fotosíntesis.

Fuente: Elaboración propia con base a datos de Principios y Practicas para el manejo de nutrientes en la producción de hortalizas (2020).

Objetivo General

Conocer las necesidades nutricionales del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en sus diferentes etapas fenológicas, en cultivo en suelo a cielo abierto.

Metodología

El desarrollo de este servicio social se realizó a través de la búsqueda, recopilación, análisis y organización de información encontrada en libros, artículos científicos, páginas web, manuales y revistas de divulgación científica.

Actividades Realizadas

En los seis meses de servicio social las actividades que se realizaron fueron la búsqueda de información en diferentes fuentes como son: libros, artículos científicos, páginas de internet, conferencias, entre otros. Posteriormente el análisis y cotejo de la información para observar sus semejanzas y diferencias que finalmente se redactó y colocó en un documento Word para ser revisada y corregida.

Metas alcanzadas

Se logró recabar la información necesaria para determinar que necesidades nutricionales requiere el cultivo de tomate en cada etapa fenológica, así conocer otros aspectos que son importantes para el desarrollo adecuado de nuestra planta como lo es la nutrición. Por otra parte se resalta la importancia de conocer los elementos nutricionales que son fundamentales para la agricultura, donde se busca que los rendimientos sean los mejores.

Resultados

Para conocer las necesidades nutricionales del cultivo de tomate es importante tener en cuenta algunos parámetros que nos ayudarán a conocer cuáles son los nutrientes que requiere nuestro cultivo para un desarrollo adecuado y así poder realizar una eficiente aplicación de fertilización. Los estudios de absorción de nutrientes basados en las etapas fenológicas del cultivo permiten la elaboración de curvas de absorción que son una herramienta para la elaboración de planes de fertilización; a través de estas se puede determinar los momentos de máxima absorción del cultivo a largo de su ciclo de vida para cada nutriente de interés (Castro Villareal y Villarreal-Núñez, 2020).

Antes de aplicar cualquier fertilizante para cubrir las necesidades nutricionales del tomate o de cualquier otro cultivo se recomienda un análisis de suelo. De acuerdo a Ozores Hampton (2016), se deben realizar análisis de suelo para determinar las necesidades de fertilización y eventuales ajustes en el pH. Los análisis de suelo y agua ayudan a ajustar la aplicación de fertilizantes a las necesidades de la planta y los rendimientos que se buscan, además, el uso de pruebas de suelo y agua reduce el riesgo de fertilización excesiva, debido a que si se fertiliza sin un análisis de suelo y agua puede resultar peligroso para el cultivo ya que se puede haber una salinidad en el suelo o mala calidad en el agua.

Otro parámetro a considerar antes de la aplicación de cualquier fertilizante en nuestro cultivo es el pH, que ejerce un efecto sobre la disponibilidad de nutrientes como resultado de su impacto en la solubilidad de diferentes compuestos. Muchos elementos cambian de forma como resultado de las reacciones químicas que ocurren en el suelo, y las plantas pueden o no absorber los elementos dependiendo de la forma en que se encuentren. La mayoría de los nutrientes están generalmente disponibles de manera adecuada a un valor neutro de pH 7 (Sierra et al., 2020).

El tomate requiere al menos 16 nutrientes esenciales para brindar óptimos rendimientos al agricultor. Dependiendo de la variedad de tomate a sembrar y del tipo de manejo, así serán las demandas nutricionales; sin embargo, en forma general, los principales requerimientos nutricionales del cultivo son: (Larin et al., 2018).

Macronutrientes esenciales

Nitrógeno (N): Es el principal elemento nutritivo en la formación de órganos vegetativos de la planta. El tomate es sensible a la deficiencia de nitrógeno en la fase vegetativa y durante la maduración. La falta de este elemento afecta el desarrollo de la planta; el follaje se vuelve verde pálido o amarillo, las hojas jóvenes y las ramificaciones son muy finas. Se produce un florecimiento tardío y disminución en el peso de los frutos. La forma del nitrógeno es de gran importancia en la producción de tomate. La relación óptima entre el nitrógeno amoniacal y nítrico depende de la etapa de crecimiento y del pH del medio de crecimiento. Las plantas que crecen en un medio con mayor proporción de NH_4^+ - tienen como efecto un menor peso en fresco así como mayores signos de estrés que las plantas que crecen sobre ambiente con mayor proporción de N-NO_3^- . Al incrementar la proporción de nitrato y amonio, la CE se incrementa y por consiguiente el rendimiento se reduce, Sin embargo, cuando se duplica la dosis de nitrato de potasio la CE se incrementa sin efectos adversos en los rendimientos que por el contrario aumentan también (Haifa, 2022)

Potasio (K): Este elemento es necesario en el tomate para la formación de tallos y frutos, síntesis de carbohidratos, aumento de sustancias sólidas, coloración y brillantez de los frutos. Ayuda a eliminar la acción perjudicial de otros elementos, favoreciendo la asimilación de los minerales esenciales. El papel clave del potasio en la planta de tomate, como se describe:

Balance de cargas negativas en la planta

Como el K^+ es un catión dominante, permite el balance de cargas negativas de aniones minerales y orgánicos. Por lo tanto, se requiere una alta concentración de K en las células para este propósito.

Regulación del proceso metabólico en células

Una de las funciones principales es la de activación de enzimas- para la síntesis de proteínas, azúcares, almidones, etc. Así mismo en la estabilización del pH de las células de 7 a 8, el paso a través de membranas y en el balance de protones durante el proceso de la fotosíntesis.

Regulación de la presión osmótica

Regulación de la turgencia en plantas, marcadamente en células guardianas de los estomas. En el floema, el K contribuye a la presión osmótica y por lo mismo al transporte de sustancias metabólicas del ambiente gaseoso a la planta. El potasio contribuye a incrementar el peso seco y el contenido de azúcares en el fruto así como controlar la turgencia de los frutos y consecuentemente la vida de anaquel del fruto (Haifa 2022).

Fósforo (P): En el cultivo de tomate es necesario aplicar este elemento antes del trasplante o a la siembra, debido a que posee problemas de asimilación por las plantas. Una buena disponibilidad de fósforo acelera el desarrollo radicular, la fructificación es temprana, mejora la producción y la calidad del fruto.

Macronutrientes secundarios:

Calcio (Ca): El calcio es importante para los tomates en todas las etapas fenológicas, porque es responsable de la altura de la planta y el número de hojas. (Bolade et al., 2021). El calcio es un componente esencial de la pared celular y la estructura de la planta. Es el elemento responsable de la firmeza del fruto de

tomate. Retrasa la senescencia en hojas, por lo tanto está alargando la vida útil y productiva de la hoja y la cantidad total de asimilados producidos por las plantas (Haifa, 2022). Aproximadamente el 90% del calcio se encuentra en las paredes de la célula. Actúa como un factor de cohesión que consolida células juntas y sostiene su estructura en los tejidos de la planta. Mantiene la integridad de las membranas celulares. Es importante para el funcionamiento apropiado de mecanismos de absorción, así como para prevenir el escape de elementos fuera de las células (Holwerda, 2006).

También se encuentra en el centro de los mecanismos de defensa de la planta, que la ayudan a detectar y reaccionar contra estrés externo. Ambos roles en la defensa de la planta y en firmeza del tejido son importantes para la resistencia contra el ataque de patógenos y deterioro durante el almacenamiento de la fruta. Una particularidad del calcio es que casi se transporta exclusivamente con el flujo de la transpiración a lo largo del xilema, y es principalmente distribuido desde las raíces hacia las hojas (Holwerda, 2006).

Magnesio (Mg): Es un componente de la clorofila, es el pigmento verde de las plantas. La clorofila es esencial para el proceso de fotosíntesis. Se evidencia la deficiencia de este nutriente la etapa de crecimiento con la aparición de clorosis en la punta de las hojas.

Azufre (S): Este elemento es vital para el desarrollo de proteínas y semillas.

Micronutrientes

Boro (B): Es esencial para la buena polinización, favoreciendo el cuajado de flores y frutos y también el desarrollo de la semilla.

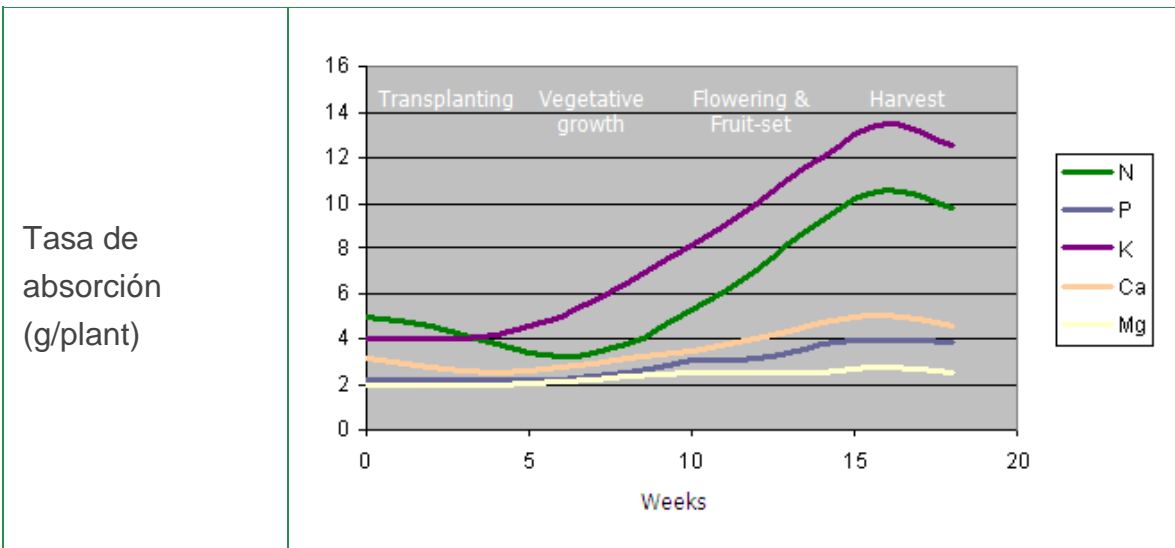
Zinc (Zn): Es de gran importancia en el crecimiento y producción de la planta (Larin et al., 2018).

Para la primera etapa de germinación o almácigo del tomate se recomienda la aplicación de fósforo, potasio, calcio y magnesio una semana después (Baudoin, 2017) esto para que la planta desarrolle raíces (López Marín, 2017).

Para las siguientes etapas fenológicas el tomate requiere una alta disponibilidad de macronutrientes como N, P, K, Ca, Mg, S y micronutrientes como Fe, Mn, Cu, B y Zn. Se recomienda que a partir del trasplante y hasta la floración, la relación de fertilización de nitrógeno y potasio deba ser 1:1. Al inicio del llenado del fruto la cantidad de K debe ser mayor (N/K 1:2 o 1:3) por su contribución en la maduración y el llenado de frutos. La absorción de macronutrientes se eleva a partir de la floración (45 días) y hasta el inicio de la maduración de los frutos (90 días), donde se acumula la mayor cantidad de nutrientes (López Marín, 2017).

Sin embargo y de acuerdo con el sitio web *Haifa: Pioneering the future Crop Guide: Tomato Plant Nutrition (2022)* menciona que el nitrógeno y el potasio se absorben inicialmente en forma lenta y se incrementa la rapidez de su absorción durante el desarrollo del fruto, mientras el pico de absorción del nitrógeno ocurre principalmente después de la formación de los primeros frutos. El fósforo (P) y nutrientes secundarios, como Ca y Mg, son requeridos en relativamente dosis constantes, a través de todo el ciclo de crecimiento de la planta de tomate (Gráfica 1).

Gráfica 1. Tasa de absorción de los macronutrientes en el cultivo de tomate

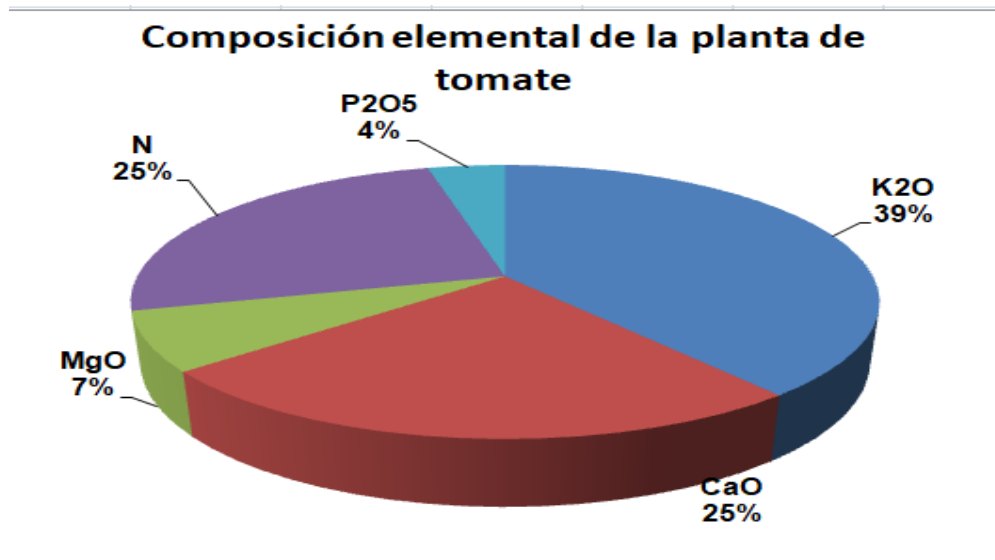


Fuente: tomada de la página Haifa Pioneering the future.

Como se observa la gráfica 1, la tasa de absorción de los macronutrientes por semana en el cultivo de tomate, la mayor absorción de nutrientes se da en las semanas 8 a la 14 del crecimiento y otro pico toma lugar en el primer corte de frutos. Por lo tanto, la planta requiere altas cantidades de nitrógeno, al inicio de la etapa de crecimiento con aplicaciones suplementarias y después del inicio de la etapa de fructificación. Cuando el N se aplica en sistemas de fertirriego en sistemas de acolchado se mejora la eficiencia del N y se consiguen mayores rendimientos. Al menos el 50% del N total debe aplicarse como nitrógeno nítrico (NO_3^-). El nutriente prevalente que se encuentra en el desarrollo de la planta y en el fruto del tomate es el potasio, seguido por el nitrógeno (N) y el calcio (Ca).

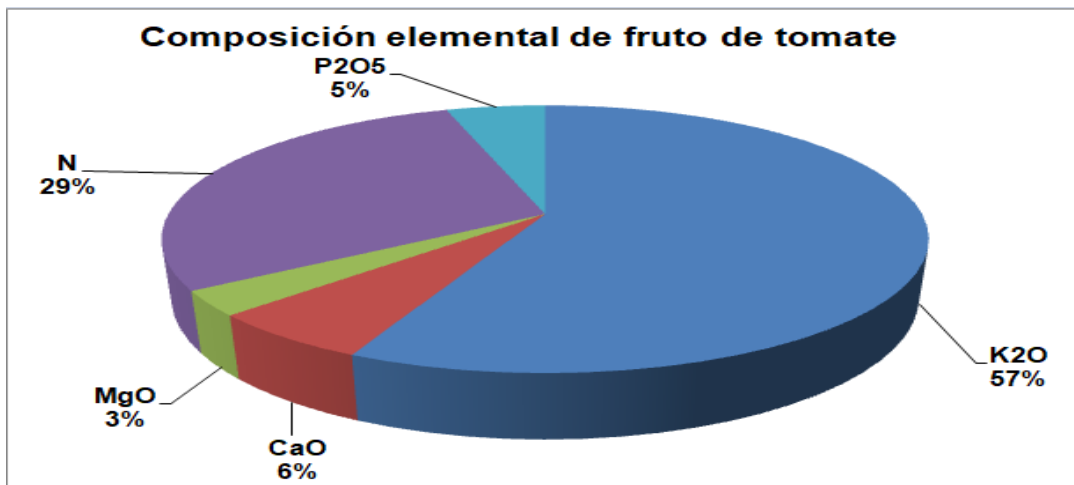
La composición mineral elemental de la planta completa y fruto del tomate se puede observar en las gráficas 2 y 3.

Gráfica 2. Composición elemental de la planta de tomate



Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Haifa Pioneering the future

Gráfica 3. Composición elemental de fruto de tomate



Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Haifa Pioneering the future

De los elementos que influyen más en las etapas fenológicas de floración y fructificación son el Nitrógeno (N) y el potasio (K), este último es uno de los minerales catiónicos más demandados por el tomate, participando en la fotosíntesis de plantas, activación de enzimas, síntesis de proteínas y otros

procesos bioquímicos y fisiológicos. Además, el K aumenta la resistencia de las plantas a los factores de estrés, como sequía, alcalinidad y salinidad.

La aplicación K durante la etapa de floración, mejoran el rendimiento y la calidad del tomate de manera significativa. Sin embargo, cuando se aplica durante la etapa reproductiva, se observan efectos positivos del K sobre la biomasa vegetal seca (Lui et al., 2019).

El Nitrógeno (N) en la etapa vegetativa es importante para la formación de clorofila, que a su vez es responsable del desarrollo de raíces, tallos y hojas. El N favorece el crecimiento de la altura de la planta, el área foliar y el número de flores (Bolade et al., 2021).

Para llevar a cabo una fertilización se recomienda un programa preciso de fertilización donde se debe determinar de acuerdo a las necesidades específicas del cultivo, así como tener un análisis del suelo y de agua. Una de las recomendaciones de fertilización por día que se puede dar, se muestra en el siguiente cuadro (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tasas de nutrientes recomendados por Ha por día y etapa de crecimiento

Etapa	Días después de la siembra / trasplante	kg/ha/día					kg/ha/etapa				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Siembra	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
Vegetativo	2-15	0.57	0.14	0.93	0.07	0	8	2	13	1	0
Florecimiento	16-30	0.6	0.13	0.93	0.07	0.07	9	2	14	1	1
Amarre	31-40	0.6	0.2	0.9	0.1	0	6	2	9	1	0
Crecimiento del fruto	41-60	1.2	0.3	1.9	0.1	0.05	24	6	38	2	1
1 ^{era} cosecha	61-65	1.2	0.4	1.8	0.2	0	6	2	9	1	0
Cosecha	66-120	2.36	0.65	3.78	0.24	0.15	130	36	208	13	8
Cosecha	121-170	1.78	0.48	2.84	0.18	0.1	89	24	142	9	5
Última cosecha	171-210	1.78	0.48	2.85	0.18	0.1	71	19	114	7	4
						Total	344	93	548	35	19

Fuente: Tomada de Haifa: Pioneering the future

De igual manera en el siguiente cuadro se observa los requisitos nutricionales de acuerdo a las toneladas por hectárea que se necesitan el cultivo de tomate para las diversas condiciones de crecimiento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Requisitos de macro-nutrientes bajo diversas condiciones de crecimiento

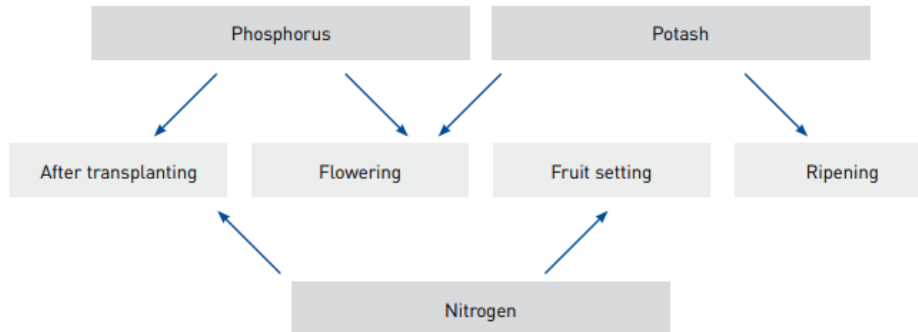
Fertilizante	Rendimiento (ton/han)	N	P2O5	K2O	CaO	MgO
Exterior	80	241	62	416	234	67
	150	417	108	724	374	110
Industria	60	196	50	336	203	56
	100	303	78	522	295	84
Tuneles	100	294	76	508	279	80
	200	536	139	934	463	138
Invernadero	120	328	85	570	289	86
	240	608	158	1065	491	152

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Haifa: Pioneering the future

Con respecto a lo presentado por New Holland Agriculture Processing Tomato Production Guidelines (2016), presenta en su esquema de Nutrient Absorption Timing, que los nutrientes que necesita el cultivo de tomate son el Fósforo (P), Potasio (K) y Nitrógeno (N). Siendo las etapas de floración donde se requiere fósforo y potasio, en la etapa después del trasplante se necesita de fósforo y nitrógeno. Para la madurez del fruto es necesario de potasio y por último para el cuajado del fruto se requiere de nitrógeno (Figura 7).

Figura 7 Absorción de Nutrientes del cultivo de tomate

NUTRIENT ABSORPTION TIMING



Fuente: Tomada de Processing Tomato Production Guidelines New Holland Agriculture2016.

Cabe destacar que en caso de que se presente un déficit de alguno de los elementos nutricionales que necesite la planta a lo largo de sus diferentes etapas fenológicas, ya sea porque el nutriente es insuficiente o poco móvil y no logra llegar al lugar estratégico de acción tales como, hojas, flores y frutos cuajados será necesario reponer la diferencia vía fertilización al suelo o foliar (Guzmán et al., 2017). Este último tiene ventajas con respecto a la fertilización edáfica: mejor distribución y mayor uniformidad en la aplicación de los fertilizantes, pues se localizan en la zona donde se desarrollan las raíces, Los fertilizantes se suministran a la planta conforme a sus necesidades en las distintas etapas de desarrollo. La asimilación de los nutrientes es mayor porque la penetración al suelo es más rápida y uniforme. Facilita la aplicación balanceada de acuerdo a las necesidades de nutrición de las plantas. Corrección rápida de deficiencias específicas. Aplicación eficiente de microelementos, los cuales son costosos y se requieren en pequeñas cantidades (Baudoin, 2017).

Deficiencias Nutricionales

Nitrógeno

La deficiencia de nitrógeno provoca que nuestro cultivo presente hojas pequeñas, color amarillento y plantas muy pequeñas (Andújar, 2022) (Figura 8). Plantas con lento crecimiento. Hojas inferiores con coloración verde clara y amarilla, que posteriormente se seca y muere (Stoller, 2017).



Figura 8: Deficiencia de nitrógeno presente en hojas. Fuente: Agrifor México, Nutrimientos Indispensables del cultivo de Tomate (2022).

Fósforo

La deficiencia provoca tallos muy delgados, además de que la planta no llega a tener un ciclo vida completo por la poca producción de energía (Figura 9). Las hojas nuevas se tornan de color púrpura en las orillas (Andújar, 2022).



Figura 9: Deficiencia de fósforo presentada en tallos y hojas. Fuente: Agrifor México, Nutrimientos Indispensables del cultivo de Tomate (2022).

Potasio

Cuando existe una deficiencia de potasio no hay una correcta metabolización de las proteínas (Figura 10). Las hojas presentan un color amarillo y los frutos no crecen de una manera homogénea provocando que la producción sea baja (Andújar, 2022).



Figura 10: Deficiencia de potasio presente en hojas y crecimiento irregular del fruto. Fuente: Agrifor México, Nutrientes Indispensables del cultivo de Tomate (2022).

Calcio

Se observan pudriciones en el fruto conocido como Blossom End Rot debido a que las células que forman el fruto se rompen con facilidad por una deficiencia de calcio (Figura 11) (Andújar, 2022).



Figura 11: Deficiencia de Calcio que provoca Blossom End Rot presente en fruto. Fuente: Agrifor México, Nutrientes Indispensables del cultivo de Tomate (2022).

Magnesio

Se presenta una maduración irregular o conocido en México como payaseado, que ocurre cuando el fruto presenta colores rojos y verdes (Figura 12). En las hojas viejas o senescentes presentan manchas pardas de color amarillo y enroscamiento en las orillas (Andújar, 2022).



Figura 12: Deficiencia de magnesio, provoca la maduración irregular o payaseado en fruto). Fuente: Agrifor México, Nutrimientos Indispensables del cultivo de Tomate (2022).

Azufre

Si no hay azufre en la planta el crecimiento de las hojas estas van a ser pequeñas y con poca capacidad fotosintética (Andújar, 2022) (Figura 13). Hojas nuevas con coloración verde clara-amarillenta, dependiendo de la intensidad del síntoma (Stoller, 2017).



Figura 13: Deficiencia de azufre presente en toda la planta principalmente en tamaño y color de hojas. Fuente: Agrifor México, Nutrimientos Indispensables del cultivo de Tomate (2022).

Boro

La ausencia de boro provoca que el polen sea de poca calidad y al desarrollar el fruto este no cierre adecuadamente y también genere cicatrices (Figura 14) (Andújar, 2022). Causa muerte de yemas y hojas. Tejido re-quebrajado. Caída de flores y de frutos. Los frutos presentan manchas marrones próximas al pedúnculo (Stoller, 2017).



Figura 14: Deficiencia de boro, provoca cicatrices y frutos mal cerrados. Fuente: Agrifor México, Nutrimientos Indispensables del cultivo de Tomate (2022).

Hierro

La deficiencia de Hierro se presenta cuando todas las hojas de la planta son completamente amarillas (Figura 15) (Andújar, 2022).



Figura 15: Deficiencia de hierro presenta una clorosis en todas las hojas de las planta. Fuente: Agrifor México, Nutrientes Indispensables del cultivo de Tomate (2022).

Manganeso

Disminuye la capacidad fotosintética de la planta. Sin embargo cuando existe una cantidad elevada de manganeso, este no permite que el nitrógeno sea absorbido adecuadamente (Andújar, 2022).

Zinc

Esta deficiencia se expresa mayormente en las hojas provocando que estas se curven, conocida en México como cuchareado (Figura 16) (Andújar, 2022). Escasa floración, fructificación y hojas pequeñas (Stoller, 2017).



Figura 16: Deficiencia de zinc presenta una curvatura de las hojas (cuchareado). Fuente: Agrifor México, Nutrimientos Indispensables del cultivo de Tomate (2022).

Cobre

Rara vez se llega a presentar una deficiencia de cobre debido a que este elemento actúa a nivel celular y no se puede observar a simple vista. Puede ocasionar problemas en la clorofila y la fotosíntesis (Andújar, 2022).

Molibdeno

Rara vez existe deficiencia de molibdeno pero provoca antagonismo con el nitrógeno, esto ocurre cuando hay altas cantidades de molibdeno provocando que el N no sea absorbido (Andújar, 2022).

Discusión

De acuerdo con la información obtenida de las fuentes consultadas, la importancia de conocer cuáles son las necesidades nutricionales de nuestro cultivo son fundamentales para un desarrollo adecuado, de lo contrario la planta puede sufrir de varios problemas a lo largo de su ciclo de vida. Dicha investigación es colabora por lo dicho por Andújar (2022), Stoller (2017), Gómez Hernández y García Sánchez(2016); en donde los dos últimos investigadores describieron los síntomas presentados en el cultivo de tomate por falta de algún nutriente, en la ciudad de

Acapulco Guerrero México. De acuerdo a su investigación la planta de tomate presentó deficiencias de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y magnesio (Mg). Los síntomas encontrados fueron los siguientes:

Nitrógeno: Presentaron un menor porte, midieron aproximadamente 90 cm de altura. Presentaron tallos y ramas delgados con entrenudos cortos, hojas de reducido tamaño y grosor, coloración verde amarilla generalizada y frutos pequeños.

Fósforo: Se observó en las plantas de jitomate con tallos delgados y fibrosos de una coloración purpura opaca, las hojas con una coloración verde oscuro o azulado, acompañada de tintes bronceados o purpura verde levemente más oscura. Las hojas exhibieron una consistencia acartonada y textura rugosa, flores secas prematuramente.

Potasio: Causó una disminución del tamaño de la planta y del fruto con maduración irregular y manchas en general. En el tallo se observaron entrenudos cortos.

Magnesio: Se mostraron principalmente en hojas, enrollamiento, amarillamiento generalizada con manchas marrones. Además, también se presentó un moteado o clorosis intervenal.

Otro factor que es importante pero no es tomado en cuenta, son las condiciones ambientales que llegan afectar gravemente la nutrición de nuestros cultivos. De acuerdo a Casas Castro (2019); la temperatura, luz, humedad relativa del ambiente, junto a la temperatura de la zona radicular y los niveles de humedad y aireación del suelo, controlan la absorción de nutrientes por parte del sistema radicular de la planta. El manejo de la nutrición unida a la influencia de las condiciones medioambientales, son decisivos para la obtención de buenas producciones. Algunos de los factores que influyen en los elementos nutricionales son los siguientes:

Nitrógeno: El encharcamiento provocado por exceso de riego en suelos arcillosos, puede producir la desnitrificación del suelo en la que los iones nitrito se descomponen en nitrógeno, N₂. Las lluvias intensas o los excesos de riego en suelos ligeros, suelen producir el lavado de éste dando lugar a una deficiencia de nitrógeno.

Fósforo: la absorción de fósforo está relacionada, fundamentalmente, con el incremento de la temperatura radicular, ya que la temperatura del suelo afecta a las reacciones de tipo orgánico que controlan la disolución, adsorción y difusión del fósforo. La adsorción y desorción aumenta claramente cuando sube la temperatura del suelo. La absorción, en cambio, es baja en relación a la intensidad de luz y a la temperatura del aire.

Potasio: Su absorción se incrementa conforme aumenta la humedad del suelo, estableciéndose una clara relación entre el porcentaje de potasio en planta, y el contenido de humedad del suelo, de tal forma, que puede reducirse el contenido de potasio a un 71% con niveles bajos de humedad.

Calcio: Si los niveles de humedad ambiente son altos, la transpiración de la planta es mínima y la absorción es baja. Estableciendo una relación entre humedad relativa, contenido de materia seca en la hoja y contenido de calcio en esta.

Magnesio: El incremento de la temperatura radicular aumenta la absorción un 22% en el rango de temperaturas entre 14 – 26 °C, y es el mismo incremento que tiene el potasio en ese intervalo. En cambio, el descenso de temperatura del aire nocturno, por debajo de 10°C, disminuye el contenido de magnesio en la hoja como resultado de la competencia con el potasio que tiene una mayor absorción a esa temperatura.

Azufre: Los síntomas visuales de la deficiencia de azufre son menos específicas y más difíciles de identificar que las de otros nutrientes. Es un elemento poco móvil en la planta, y los síntomas de su deficiencia aparecen en las hojas jóvenes, mostrando una coloración amarillo pálida. Conforme progresa, los síntomas se

mueven por toda la planta. Este aumento estará en función de la fertilización nitrogenada.

Hierro: La aparición de síntomas carenciales se ve afectada por las bajas temperaturas del suelo, debido a que inhiben el crecimiento y la actividad radicular. Al mismo tiempo, el exceso de humedad en el suelo intensifica la carencia por acumulación de CO₂ causada por una mayor solubilidad del gas a baja temperatura.

Manganeso: La temperatura, nivel de humedad en el suelo, y la luz inciden de manera importante, tanto en la deficiencia como en la toxicidad de manganeso. El aumento de la temperatura incide muy negativamente, en los casos de toxicidad de manganeso, por el incremento que se produce de Mn²⁺. El exceso de humedad en el suelo restringe los niveles de oxígeno, favoreciendo la reducción de compuesto de Mn. La influencia de la luz sobre la absorción del manganeso indica que la toxicidad se intensifica cuando la luz aumenta y la deficiencia aumenta cuando la luz disminuye.

Cobre: El exceso de fósforo en el suelo disminuye también la absorción de cobre. Antagonismos con nitrógeno.

Zinc: La deficiencia se acentúa, en cultivos como el tomate y el pimiento, cuando desciende la temperatura del suelo. La temperatura ambiente influye menos que a nivel radicular. Los bajos niveles de luz afectan de forma negativa de la absorción y el efecto es multiplicativo si la temperatura también es baja.

Conclusión

Las necesidades nutricionales para el desarrollo del tomate a lo largo de su ciclo de vida son 16 elementos de los cuales son: el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, boro, molibdeno, zinc y cobre. Todos los elementos son necesarios para todas las etapas fenológicas del tomate, aunque algunos elementos son más demandantes para mejorar el rendimiento, como es el

caso del potasio y el nitrógeno que favorecen el crecimiento del fruto. Al tener una buena nutrición en nuestro cultivo prevenimos deficiencias y bajos rendimientos.

Recomendaciones

Hubo dificultades en encontrar información confiable sobre las necesidades que requiere el cultivo del tomate, debido a que algunas fuentes no consideraban la importancia de la fenología de la planta y daban recomendaciones básicas de una nutrición, basándose en solo nitrógeno, fosforo y potasio para todo el ciclo de vida. Por lo que se sugiere que en la licenciatura en Agronomía se realice una investigación detallada a este respecto, considerando la importancia económica y social de este cultivo en la zona de influencia de la UAM.

Bibliografía

Andújar, D. (2022). Nutrimientos Indispensables del cultivo de Tomate. Agrifor México.

Allende, M., Salinas, L., & Torres, A. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero.

Baudoin, A. (2017). Manual técnico de producción de tomate con enfoque de buenas prácticas agrícolas (No. CIDAB-SB349-B3m). Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (Bolivia). Dirección General de Producción Agropecuaria y Soberanía Alimentaria

Bodale, I., Mihalache, G., Achiței, V., Teliban, G. C., Cazacu, A., & Stoleru, V. (2021). Evaluation of the Nutrients Up take by Tomato Plants in Different Phenological Stages Using an Electrical Conductivity Technique. *Agriculture*, 11(4), 292.

Bonadeo E., Moreno I., Bongiovanni M., Mazarí R., Ganum Gorriz M. J. (2017), El sistema suelo planta: principios generales, Universidad Nacional de Río Cuarto, Editorial UniRio, pág. 223-225.

Casas Castro, A. (2019). Factores ambientales que afectan la nutrición vegetal. (Disponible en: <https://www.himarcn.com/wp-content/uploads/2019/11/FactoresAmbientales-que-Afectan-a-la-Nutricion-Vegetal-Antonio-Casas.pdf>. Consultado el 15 de Marzo del 2022).

Castro-Villarreal, J. A., & Villarreal-Núñez, J. E. (2020). Absorción de nutrientes en tomate industrial IDIAP-T7 en suelos de la región de Azuero. Ciencia Agropecuaria, (30), 27-44)

Cooper, L., Abi-Ghanem, R. (2017). Los micronutrientes son la clave para mejorar la producción: En algunas ocasiones, las cosas más pequeñas pueden liberar nuestro mayor potencial. Bio Huma Netics Inc. No. HG-170502-03

Del Pino, M. (2020). Guía Didáctica: Cultivo y Manejo del Cultivo de Tomate Fresco. Curso de Horticultura y Floricultura. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

Fideicomisos Instituidos en relación con la agricultura FIRA. (2019), Panorama Agroalimentario Tomate Rojo, Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial.

GómezHernández L. S., García Sánchez S. (2016). Identificación de deficiencia de nutrientes en frutos y plantas de jitomate (*Lycopersicum esculentum*), en huerto urbano, Acapulco, Guerrero, México. Tlamati Sabiduría, Volumen 7 Número Especial 2

Gómez Urrutia, A. A., & Morales Ramos, K. J. (2020). Manejo integrado de cultivos (MIC) de tomate, bajo dos sistemas de producción agrícola (agroecológico y con productos químicos).

González, A. C. P., & Espinosa, L. S. (2016). Evaluación de la calidad interna en frutos de jitomate nativo de la región de Ajalpan y un híbrido comercial. *Cuerpo Editorial*, 24.

Guzmán, A., Corradini, F., Martínez, J. P., & Torres, A. (2017). Manual de cultivo del tomate al aire libre.

Haifa Pioneering the Future. (2022). Crop Guide: Tomato Plant Nutrition. Haifa Pioneering the future. Recuperado de: <https://www.haifa-group.com/crop-guide/vegetables/tomato/crop-guide-tomato-plant-nutrition>.

Holwerda, H. T. (2006). Crop Kit Guía de Manejo Nutrición Vegetal de Especialidad Tomate. *SQM SA, Chile*.

Larín, M. A., Díaz L. A., Flor de Serrano, R. (2018). Cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum*), Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.

Liu, J., Hu, T., Feng, P., Wang, L., & Yang, S. (2019). Tomato yield and water use efficiency change with various soil moisture and potassium levels during different growth stages. *PLOS ONE*, 14(3), e0213643.

López Marín, L. M. (2016). Manual técnico del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum*. Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola (UE/IICA).

Mendoza-Pérez, C., Ramírez-Ayala, C., Martínez-Ruiz, A., Rubiños-Panta, J. E., Trejo, C., & Vargas-Orozco, A. G. (2018). Efecto de número de tallos en la producción y calidad de jitomate cultivado en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(2)355-366.

New Holland Agriculture. (2016). Processing Tomato Production Guidelines. Crop Handbook.

Ozores Hampton, M. (2016). Fertilizer and nutrient management for tomato, University of Florida.

Pérez Espinoza, H. A., Chávez Morales, J., Carrillo Flores, G., Rodríguez Mendoza, M. D. L. N., & Ascencio Hernández, R. (2017). Fertilización foliar en el rendimiento y calidad de tomate en hidroponía bajo invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 333-343.

Pérez L. F. (2017). Fisiología Vegetal parte III: Nutrición Vegetal, Universidad Nacional de Ucayali Pucallpa Perú.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2021). Escenario mensual de productos agroalimentarios: Tomate rojo (Jitomate). Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural.

Sierra, A., Sánchez, T., Simonne, E., & Treadwell, D. (2020). Principios y prácticas para el manejo de nutrientes en la producción de hortalizas: HS1102/HS356, rev. 10/2020. *EDIS*, 2020(6).

Stoller. (2017). Guía de Identificación de Deficiencias en Tomate. Stoller ARG.