



Casa abierta al tiempo

Universidad autónoma metropolitana
Unidad Xochimilco
División de ciencias biológicas y de la salud
Licenciatura de agronomía

Informe de conclusión de servicio social

SOLUCIÓN NUTRITIVA EN EL CULTIVO DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum*) EN INVERNADERO.

Prestador de servicio social:

Melissa Zaraut Chavez
Matrícula: 2193028592

Asesor interno:

Dr. Antonio Flores Macías
Núm. Económico: 13174

Lugar de Realización:

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
Centro De Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco (CIBAC), UAMX. Antiguo
Canal Cuemanco 3, Pista Olímpica Virgilio Uribe, Xochimilco, 16034 Ciudad De México

Fecha de Inicio y Término:

Del 12 de enero del 2023 al 12 de julio del 2023.

Índice

Introducción	3
Marco institucional	3
Objetivo General.....	5
Objetivo Específico	5
Metodología	5
Actividades realizadas	5
Fenología del cultivo de chile jalapeño	5
1) Etapa de desarrollo de la plántula hasta la primera ramificación.	6
2) Etapa de desarrollo de brotes y formación de flores.	6
3) Fructificación y Maduración:	7
Descripción de las actividades realizadas durante el ciclo de cultivo:	8
1. Manejo de suelo y sustrato.....	8
2. Tipo de siembra.....	8
3. Tipos de riego	9
4. Trasplante.....	9
5. Solución nutritiva.....	9
Preparación de solución nutritiva.....	12
6. Manejo de plagas, enfermedades	13
7. Tutorado y poda	13
8. Cosecha	14
Metas alcanzadas con base a las objetivos del plan de estudio.....	14
Resultados y conclusiones	15
Recomendaciones	16
Referencias.....	16

Introducción

Hoy en día la agricultura presenta diversos retos con el aumento de la población y la demanda de alimentos que enfrenta, es importante encontrar nuevas estrategias que mejoren la eficiencia y calidad de los agroproductos para satisfacer las necesidades del consumidor; uno de los principales retos es incrementar la eficiencia en el manejo del agua y nutrientes que requiere el cultivo (Cruz-Crespo et al., 2014).

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar los resultados y conclusiones obtenidos a través del servicio social, con el proyecto “*Solución Nutritiva el en Cultivo de Chile Jalapeño (Capsicum annuum) en Invernadero*”. Por medio de este proyecto se estudia y ayuda en la solución de problemas relacionados con la nutrición de cultivos, donde participan alumnos, investigadores y docentes para un trabajo interdisciplinario con la finalidad del cuidado y manejo agronómico correcto para dicho cultivo.

México es uno de los países con más diversidad en la presentación de chiles (*Capsicum annuum*), ya sea en fresco o secos, uno de los más importantes en la gastronomía mexicana (Galeote-Cid et al., 2022). La preocupante sobre población del país hace que las zonas o áreas de cultivos cada vez sean más escasas, ocasionando que los agricultores implementen estrategias para incrementar la productividad, como la producción en invernaderos, sistemas de producción en hidroponía, fertirriego y agricultura de precisión.

El conocimiento del cultivo es elemento clave para tener una alta productividad, que va desde la selección del tipo de semilla, sustrato, agua y nutrientes, manejo en campo, etapas fenológicas del cultivo, tipo de clima, pH, temperatura y humedad de la región. La nutrición balanceada del cultivo favorecerá la absorción nutrimental y será determinante en la resistencia a diversos problemas como plagas, enfermedades, baja tasa fotosintética, baja productividad y baja calidad (Rebollar, 2019).

Dicho proyecto de servicio social recopiló información sobre los requerimientos nutricionales del cultivo de chile jalapeño y los aplicó mediante fertilizantes químicos sintéticos solubles en ese cultivo regulados y controlados conforme a sus requerimientos y condiciones ambientales y establecido bajo condiciones de invernadero, en el Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca (CIBAC), mostrando así que el cultivo no es necesario la sobre dosis de nutrientes para un rendimiento de producción.

Marco institucional

La misión institucional de la UAM es:

Servir al país al ofrecer un trabajo académico sólido y de excelencia alrededor de las funciones sustantivas: al impartir educación superior de licenciatura, maestría, doctorado, y cursos de actualización y especialización, en sus modalidades escolar y extraescolar, y formar profesionales y ciudadanos aptos y responsables en correspondencia con las necesidades de la sociedad; organizar y desarrollar actividades de investigación humanística, científica, tecnológica y artística; y ser fuente de conocimientos relevantes, en atención, primordialmente, a los problemas nacionales y en relación con las condiciones del desenvolvimiento histórico, así como ser una institución que rescata, preserva y difunde la cultura.

El escenario-objetivo, la visión que dará orden, sentido y orientación a las tareas universitarias son las siguientes:

- Al cumplir 50 años de fundación, la UAM es una institución pública y autónoma dedicada a servir a la sociedad por diversos medios. Está comprometida para formar ciudadanos con sólidos principios éticos, con conocimientos de frontera, con

capacidad crítica racional, y capaces de abordar problemas complejos y de contribuir al desarrollo humano y al bienestar social.

- La UAM enfoca sus tareas académicas en los estudiantes y asume la vigencia de los valores humanos, tanto individuales como sociales. La institución se distingue por una intensa labor de descubrimiento y transferencia del conocimiento, y de innovación tecnológica –ambas entendidas como bienes públicos–, y sobresale por su atención a la sustentabilidad y a la diversidad biológica y cultural, y por el cuidado que presta al rescate, la difusión y la preservación de la cultura.
- La Universidad desarrolla sus tres funciones sustantivas con vocación científica y humanística interdisciplinaria, e incorpora a sus procesos el estado del arte en tecnologías. Es reconocida por su cultura organizacional, por la integración de su comunidad, por sus métodos educativos plurales y por sus formas de compromiso social. Es una institución líder de opinión, transparente ante la sociedad y comprometida con la rendición de cuentas. También es ampliamente aceptada en los ámbitos nacional e internacional por su excelencia académica.

En el marco de la misión y visión de la UAM, el Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca (CIBAC) que pertenecía a la Delegación Xochimilco tiene como Visión principalmente la conservación de la flora y fauna de la zona. En 1994 un convenio entre la Delegación Xochimilco -del aquel entonces Distrito Federal- y la UAM Xochimilco, en el cual se cedieron los derechos del CIBAC a la UAM Xochimilco, para usar el espacio físico y dar continuidad a los trabajos de conservación de especies de Xochimilco. Con el objetivo de dirigir las actividades del CIBAC a la resolución de la problemática ecológica y social de la zona lacustre de Xochimilco, mediante la investigación y formación de profesionales en los campos acuícolas y agrícolas, y sobre los programas de rescate ecológico del hábitat, así como de las especies endémicas y nativas de fauna silvestre en riesgo o en peligro de extinción. CIBAC es un proyecto que depende de Rectoría de la Unidad Xochimilco de la UAM. Sus principales objetivos son estudiar y coadyuvar en la solución de problemas, donde participan investigadores y alumnos de diferentes campos de conocimiento, a través del trabajo interdisciplinario de investigación, docencia, preservación de la cultura y servicio, con especial énfasis en la conservación y aprovechamiento sustentable de especies. Actualmente CIBAC ha fortalecido sus actividades agronómicas en cultivos de hortalizas y ornamentales, en las que los alumnos participan mediante trabajos modulares y servicios sociales.

Objetivo General

Evaluar una solución nutritiva para el cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) establecido en invernadero.

Objetivo Específico

- Aplicar una solución nutritiva a unas plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) en invernadero
- Calcular las cantidades de fertilizantes solubles requeridas para formular la solución nutritiva a aplicar.
- Determinar las cantidades de fertilizantes solubles del cultivo de chile (*Capsicum annuum*) en cada etapa fenológica según su requerimiento.
- Hacer el seguimiento agronómico del cultivo de chile jalapeño cuya nutrición procede de los fertilizantes solubles aplicados en la solución nutritiva.

Metodología

El servicio social se llevó a cabo en el Área Agronómica del Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca (CIBAC) de la Unidad Xochimilco de la Universidad Autónoma Metropolitana, con dirección: Antiguo Canal Cuernavaca 3, Pista Olímpica Virgilio Uribe, Xochimilco, Ciudad de México, CP. 16034.

El tipo de investigación realizada fue de tipo bibliográfica y trabajo de campo, para ello, se consultaron ficha de manejo integral y manuales para encontrar la solución nutritiva a estudiar. La solución nutritiva se aplicó mediante sistemas presurizados de riego por goteo.

Actividades realizadas

Los primeros tres meses del proyecto fueron de los más importantes para la optimización y crecimiento del cultivo de chile, de esto depende el desarrollo exitoso del cultivo.

A continuación se describen las etapas de mayor importancia en el trabajo de servicio social.

Fenología del cultivo de chile jalapeño

El desarrollo fenológico del cultivo de chile se estudió en las siguientes etapas (Inifap, 2022., Rebollar, 2019 & Agronoblog, 2023).

1) Etapa de desarrollo de la plántula hasta la primera ramificación.

Indica el inicio del ciclo de vida del chile. En esta fase, la calidad e inocuidad de cada semilla es de suma importancia y las condiciones del entorno son cruciales. La temperatura ambiental del cultivo de chile varió entre 25°C y 30°C para una germinación adecuada. El sustrato debe estar húmedo al momento de la germinación, pero nunca sobrepasando los límites de capacidad de campo, ya que el exceso de agua puede causar pudrición y condiciones para el crecimiento de hongos o bacterias en las semillas. Esta fase duró aproximadamente de 7 a 14 días,

dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales (Inifap, 2022., Rebollar, 2019 & Agronoblog, 2023)..

Para una efectiva germinación, se sugiere emplear semillas ya conocidas con un porcentaje alto de éxito en la región o ya adaptadas a las condiciones en las que se desarrollarán. Se podría utilizar otro tipo de método ya conocido para acelerar la germinación, como hidratar las semillas durante 24 horas antes de sembrarlas, tomando en cuenta que deben estar libres de patógenos que pudiesen manifestarse por la manipulación previa. La siembra debe hacerse a una profundidad adecuada, generalmente alrededor de 1 a 1.5 cm, para facilitar la emergencia de los brotes (Rebollar, 2019 & Agronoblog, 2023).

2) Etapa de desarrollo de brotes y formación de flores.

Crecimiento Vegetativo:

Una vez cumplida la fase de germinación, la planta entrará a una etapa de crecimiento vegetativo, de esta dependerá el momento del trasplante. A lo largo de esta etapa, el desarrollo del sistema radicular y follaje se hacen presentes, los cuidados para que estos sean óptimos y saludables es fundamental. Es indispensable un riego adecuado y una nutrición equilibrada, implementando un equilibrio de nitrógeno, fósforo y potasio ya que cada uno de estos macronutrientes son los más importantes para el desarrollo de la planta desde el principio hasta el final.

La floración es una etapa primordial en la vida del chile, donde las flores son indicador de la preparación a la fructificación. La luz, temperatura, humedad y riego, influyen de manera positiva o negativa dependiendo el manejo que se le dé a esta etapa. El punto fundamental es la polinización, esta puede ser natural o asistida, pero para que la floración llegue a fructificación debe ocurrir la fase del cuaje o amarre del fruto.

Durante la floración, es importante el manejo de riego, macro y micro nutrientes, enfocándose en la homeostasis del desarrollo floral. La poda de la planta de chile ya comienza a presentarse desde esta etapa, así como el aclareo de flores; pueden ser necesarios para asegurar que la planta no produzca más frutos de los que puede sostener o, el corte del crecimiento apical para direccionar los nutrientes de la planta (Inifap, 2022., Rebollar, 2019 & Agronoblog, 2023).

3) Fructificación y Maduración:

Fructificación y Maduración.

Después de la floración, la planta inicia la etapa de fructificación y maduración. En esta se desarrollan los frutos, siendo muy importante mantener condiciones óptimas como nutrición del cultivo y llenado de fruto, riego adecuado y la protección contra plagas y enfermedades.

La maduración del fruto ya es el último paso donde el cultivo de chile ya alcanza las características organolépticas deseadas, tomando en cuenta que esta siempre va variar dependiendo a qué tipo de mercado va dirigido, pero siempre con los cuidados y prevenciones necesarias para una producción de buena calidad (Inifap, 2022., Rebollar, 2019 & Agronoblog, 2023).

Las actividades relacionadas con las diferentes etapas fenológicas previamente descritas, se detallan en la Tabla 1.

Actividad	Descripción de la actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Uso de registros técnicos de campo y control de costos	Se llevó una bitácora de registro de insumos y fechas de aplicación durante todo al cultivo						
Manejo de suelo y sustrato	Preparación del sustrato tanto en charolas de germinación como en bolsas para trasplante.						
Selección de semillas	Identificación de semillas de calidad, pasando por un proceso de desinfección						
Manejo agronómico durante la siembra	Densidad de plantación y población y arreglo espacial del cultivo.						
Manejo agronómico durante el riego	Acondicionamiento del sistema de riego						
Trasplante	Selección de las plántulas que cumplen con las características físicas y biológicas para dicho trasplante.						
Cálculo de cantidades de nutrientes	Con base en información teórica y requerimiento de la planta (macro y micro nutrientes, pH, conductividad eléctrica y humedad relativa) se implementó la solución nutritiva adecuada para una homeostasis en el cultivo.						
Fertilización	Con base en el programa de fertilización y el sistema de riego se aplicaron las cantidades y tiempo de riego.						
Manejo de plagas, enfermedades	Monitoreo por medio de trampas cromáticas, siempre teniendo en cuenta el umbral económico. De ser necesario aplicaciones de bio-insecticidas o bioestimulantes como preventivos.						
Tutorado y poda	Colocar anillos y hilos para sostener la planta durante toda su etapa fenológica						
Cosecha	Recolecta con base en las características organolépticas para el corte y cosecha para el consumo.						

Tabla 1. Actividades desarrolladas en el sitio de estudio.

Descripción de las actividades realizadas durante el ciclo de cultivo:

1. Manejo de suelo y sustrato

Se utilizó una mezcla de Peat moss y tezontle en una relación de 1:1 (v: v). Se agregaron ambos productos hasta obtener una mezcla homogénea; para ello se utilizó una cubeta de 20 L.

La semilla se germinó en charolas de 200 cavidades, previamente desinfectadas con cloro al 5 % por litro de agua. Las semillas previamente elegidas también fueron desinfectadas con solución salina, esto para eliminar microorganismos o contaminación cruzada en el proceso de manipulación al germinar. Se aplicó la bacteria *Bacillus subtilis*, a razón de 1.0 mL del producto comercial (Probacil, Bacifol, etc.) por litro de agua; con el fin de evitar problemas con enfermedades de la raíz durante el desarrollo de las plántulas. Se cubrió con plástico negro para estimular la germinación con más rapidez y conservar humedad (Inifap, 2010 - 2024).

2. Tipo de siembra

El tipo de siembra fue en hileras con 40 cm de distancia por cada planta. Se utilizaron bolsas de un litro, a las que se les añadió.

3. Tipos de riego

El tipo de riego fue por goteo, destinado tres tinacos para la preparación de la solución nutritiva. La aplicación del riego fue mediante un sistema automatizado, aplicando 15 minutos por las mañanas.

4. Trasplante

Se realizó por la mañana entre 30 a 40 días después de la germinación (Inifap, 2010 - 2022), cuando la planta presentó dos a ocho hojas verdaderas y un aproximado de 13 a 15 cm de altura. El sustrato tuvo un riego de 20 minutos previos al trasplante. La planta se trasplanta a cinco cm de profundidad.

5. Solución nutritiva

Basado en la cantidad requerida, los nutrientes están divididos en macro y micronutrientes. Los macronutrientes son requeridos en grandes cantidades por las plantas, comparado con los micronutrientes. Los micronutrientes indican que su concentración en los tejidos de las plantas son relativamente menores que los macronutrientes. Las altas cantidades requeridas de los macronutrientes por las plantas están asociadas con el papel de la caracterización de la masa de los carbohidratos, proteínas y lípidos de las células de las plantas, mientras que los micronutrientes participan en el proceso de la activación de las enzimas de las plantas.

Tabla 2. Requerimientos nutricionales del cultivo de chile jalapeño (Cruz- Crespo, 2014., Agronoblog, 2023., Urbina-Sánchez, 2022 & Santos 2021).

Etapa fenológica	Macronutrientes				
Etapa de desarrollo de la plántula hasta la primera ramificación	Nitrógeno (N), 1.2 -4.0 g. N: 60-120 kg/ha,	Fósforo (P ₂ O ₅), 0.4- 1.8 g P: 40-80 kg/ha,	Potasio (K ₂ O), 2.0- 5.29 g K: 60-120 kg/ha	Calcio (CaO): 0.55 – 2.6 g Ca: 20-40 kg/ha	Magnesio (MgO), 0.6 - 0.49.g Mg: 10-30 kg/ha
Etapa de rápido desarrollo de brotes y formación de flores	Micronutrientes (dependiendo análisis de suelo)				
	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Etapa de lento crecimiento y desarrollo de frutos.	0.4 – 1.5 g	0.4- 1.2 g	0.25 – 0.8 g	0.05 – 0.1g	0.20 – 0.6g

El agua utilizada para el riego fue del canal de Cuemanco, a pesar de que pasa por unos filtros la conductividad eléctrica y pH del agua eran muy alcalino (pH 9.0). Se ajustó con ácido sulfúrico para bajarlo hasta pH de 6.5 -7 (Inifap, 2024).

Tabla 3. Soluciones nutritivas del cultivo de chile jalapeño por cada 1000 L de agua (Inifap 2022; Ayala, 2020., Rebollar, 2019 & Urbina-Sánchez, 2022).

Macronutrientes / 1000L		Micronutrientes / 1 L		Otros
Fosfato de amonio	60 g	Sulfato de magnesio	79 g	Fosfito de potasio 3g /1 L agua
Fosfato monopotásico	60 g	Sulfato de zinc	40 g	
Nitrato de calcio	725 g	Sulfato de cobre	7 g	Ácido sulfúrico de .70-.80 g /3 mil L agua
Sulfato de magnesio	487 g	Sulfato de fierro	180 g	
Nitrato de potasio	300 g	Bórax	40 g	

Nitrógeno: se usa para producir aminoácidos esencial para el fortalecimiento, rendimiento y crecimiento de las plantas, uno de los elementos que más interviene en el rendimiento de un cultivo, así como en cantidad, interviene en varios procesos fisiológicos y bioquímicos en la planta, constituyendo en la molécula de la clorofila el cual juega un papel importante en la fotosíntesis (Inifap, 2010., Rebollar, 2019 & Eximgro, 2021).

Fósforo: característica principal es su lenta movilidad en el suelo. La acción de este elemento está influenciada por la concentración de la temperatura, intensidad de luz, aireación en el suelo, humedad en el suelo, pH del suelo, arquitectura de la raíz, tasa de respiración y transpiración, edad de la planta, tasa de crecimiento, especie y concentración interna del elemento en las plantas. Generalmente, el fósforo tiene interacción positiva con N, K y Mg, la deficiencia de Zn está asociada con el rápido crecimiento de las plantas, y el Zn disponible no puede satisfacer la demanda por el rápido crecimiento de las plantas, el zinc induce toxicidad en fósforo (Inifap, 2010., Rebollar, 2019 & Eximgro, 2021).

Potasio: favorece el potencial osmótico y la entrada de agua en las plantas, esto ayuda a que las raíces crezcan grandes y fuertes. Es un elemento esencial que se mueve hacia las plantas por difusión. Incrementa el sistema radicular, mejora la absorción de agua y nutrientes. Ayuda a retardar las enfermedades, conforma parte de las funciones fisiológicas, no sólo el K incrementa la resistencia de tejido de las plantas, sino también reduce la población de hongos en el suelo, reduce su patogenicidad y promueve cicatrización rápida de una herida. (Inifap, 2010., Rebollar, 2019 & Eximgro, 2021).

Calcio: está involucrado con la división y elongación de la célula y juega un papel principal en el mantenimiento de la integridad de la membrana y el balance de los nutrientes de los tejidos de la planta y también amortigua la toxicidad de los metales pesados (Inifap, 2010., & Rebollar, 2019).

Magnesio: Ayuda al crecimiento y desarrollo de todas las plantas, sirve como mecanismo activador de enzimas y como componentes de las moléculas de la clorofila. El magnesio es un mineral que constituye la clorofila, por lo tanto está involucrado activamente en la fotosíntesis, un elemento móvil en las plantas (Inifap, 2010., Rebollar, 2019).

Fósforo: Encargado de la bioenergía celular y en la regulación metabólica. Es un componente estructural de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), fosfo proteínas y fosfolípidos, como las lecitinas; almacena y transfiere energía (ATP y ADP), y es constituyente de las membranas citoplasmáticas así como de las enzimas y proteínas. Interviene la etapa reproductiva, procesos de maduración y formación de semillas, facilita la maduración precoz y mejora la calidad del fruto, de ahí la importancia; también está relacionado en la fijación simbiótica del nitrógeno, regulador en la formación y translocación de sustancias como azúcares y almidón (Torres, et al., 2016, Eximgro., 2021).

Zinc: Este es uno de los elementos que debido a la naturaleza calcárea y alcalina de los suelos de la región, se encuentran menos disponibles para el cultivo, de ahí su gran importancia en los programas de fertirrigación.

Fierro. Debido a su alta reactividad y precipitación en formas no asimilables en suelos alcalinos, no es muy recomendable su aplicación como medida preventiva al suelo, aunque en circunstancias especiales con fuentes granuladas y en aplicaciones muy localizadas se sugiere aplicar sulfato de hierro granulado, mezclado con la fertilización de fondo cuidando que sea compatible con las fuentes utilizadas (Inifap, 2010 & Rebollar, 2019).

Manganeso: En caso de deficiencia de este elemento se sugiere la dosis, dependiendo de la severidad de la deficiencia y del pH del suelo, a mayor alcalinidad mayor dosis.

Cobre: Generalmente no se recomienda la aplicación de este elemento debido al aporte que se tiene por los productos fungicidas y bactericidas utilizados para la prevención y control de enfermedades en Chile. Sin embargo, en caso de deficiencias se pueden corregir aplicando dosis de -1 -1 10 kg ha de sulfato de cobre monohidratado al suelo, o bien 12 kg ha de cobre penta hidratado (Inifap, 2010 & Rebollar, 2019).

Los fertilizantes fueron aplicados en tanques separados nitratos con micronutrientes, sulfatos y fosfatos separados (Horacio – SAGARPA, 2010). Esto se debe a que existe incompatibilidad de ciertos iones a permanecer en solución a una elevada concentración, por ejemplo, los iones fosfatos y sulfatos precipitan en presencia del ion calcio en soluciones concentradas (Tabla 4). Otras combinaciones, por ejemplo, sulfato de amonio y cloruro de potasio en el tanque reducen significativamente la solubilidad de la mezcla debido a la formación de sulfato de potasio. En aguas ricas en calcio y bicarbonatos, el sulfato de Ca (yeso) precipita y tapaná los goteros.

Tabla 4. Compatibilidad entre fertilizantes solubles (Horacio - SAGARPA 2010).

Fertilizantes	Urea	Nitrato de amonio	Sulfato de amonio	Nitrato de calcio	Nitrato de magnesio	Fosfato monoamónico	Fosfato monopotásico	Nitrato de potasio	Sulfato de potasio	Cloruro de potasio	Acido fosfórico	Acido nítrico	Acido sulfúrico	Sulfatos Fe, Zn, Cu, Mn	Quelatos Fe, Zn, Cu, Mn	Sulfato de magnesio
Urea																
Nitrato de amonio																
Sulfato de amonio																
Nitrato de calcio																
Nitrato de magnesio																
Fosfato monoamónico																
Fosfato monopotásico																
Nitrato de potasio																
Sulfato de potasio																
Cloruro de potasio																
Acido fosfórico																
Acido nítrico																
Acido sulfúrico																
Sulfatos Fe, Zn, Cu, Mn																
Quelatos Fe, Zn, Cu, Mn																
Sulfato de magnesio																

Compatible
 Reduce la solubilidad
 Incompatible

Preparación de solución nutritiva (Horacio - SAGARPA 2010).

1. Se deben pesar las sales individualmente, evitando posibles pérdidas de material, asegurando una variación de más o menos 5% en una escala en gramos.
2. Llenar el tanque con agua en un 10% de su totalidad.
3. Disolver cada sal separadamente en recipientes grandes y llenos de agua, y verterlos en el tanque, repitiendo la operación hasta disolver totalmente la sal. Se puede utilizar agua caliente en caso de una difícil disolución.
4. Disolver los micronutrientes primero y luego los macros.
5. Cuando se trata de volúmenes pequeños se puede mezclar los sulfatos en forma seca antes de disolverse. Lo mismo con los nitratos y fosfatos.
6. Llenar con agua el tanque a un tercio. Mantener en recirculación el agua.
7. Disolver los fertilizantes en 20 L de agua aproximadamente.
8. Agregar cada solución fertilizante al tanque. Se pueden mezclar los sulfatos (sulfato de Mg y sulfato de K); se pueden mezclar los nitratos o los fosfatos. Finalmente se añade el nitrato de calcio.
9. Añadir primero el sulfato de potasio.
10. Llenar hasta la mitad el tanque y después agregar el nitrato de potasio.
11. Llenar el tanque hasta tres tercios y después agregar el sulfato de magnesio y el fosfato monopotásico.
12. Añadir lentamente el nitrato de calcio.
13. Añadir los micronutrientes en una solución madre, empezando con los elementos menos solubles (boro, zinc, magnesio y azufre, para una mejor homogeneización en la solución
14. Dejar circular unos minutos la solución de nutrientes y medir el pH ajustándose entre 5.5 y 6.5, de ser necesario con ácido sulfúrico o con hidróxido de potasio. Un pH alto puede causar la precipitación del Fe, Mn, P, Ca y Mg que se invisibilizan.

6. Manejo de plagas, enfermedades

La prevención y el control de plagas y enfermedades son cruciales para proteger el crecimiento joven de la planta y tener una floración y fructificación de buena calidad. Se colocaron trampas cromáticas color amarillo, colocando cuatro por pasillo, al combinar la atracción del color amarillo sobre los insectos y un pegamento, se atrapan gran cantidad de vectores y disminuye el riesgo de infección (Inifap, 2022). La aplicación de estimulantes como el fosfato de potasio, nos ayudó como defensa contra cualquier patógeno. Durante las etapas del cultivo sólo se presentó mosca blanca, pero no rebasó el umbral económico por lo cual no se pasó el límite para considerarse una plaga. En enfermedades no se presentó ninguna, la ventaja fue las prevenciones que siempre se tomaron antes, para evitar que algún patógeno tuviera las condiciones de aparecer. Sin embargo, investigamos las principales plagas y enfermedades más comunes en el cultivo para siempre estar atentos.

Tabla 5. Plagas y enfermedades más comunes en el cultivo de chile jalapeño (Inifap, 2024; Báez, 2015).

Plagas	Enfermedades
Mosca blanca <i>Bemisia tabaci</i> Genn.	Marchitez del chile <i>Phytophthora capsici</i>
Picudo o barrenillo del chile <i>Anthonomus eugenii</i> Cano	Ahogamiento o secadera <i>Pythium</i> spp, <i>Fusarium oxysporum</i>
Afidos (pulgón verde) <i>Myzus persicae</i> Sulzer	<i>Rhizoctonia solani</i> Schlecht
Minador de la hoja <i>Liriomyza trifolii trifolio</i>	<i>Phytophthora</i> spp. Kühn
Gusano soldado <i>Spodoptera exigua</i> Hübner	Mancha bacteriana <i>Xanthomonas vesicatoria</i>
Ácaro blanco <i>Polyphagotarsonemus latus</i> Banks	

7. Tutorado y poda

La poda y el deshije pueden ser necesarios para promover un crecimiento más robusto y una mejor circulación del aire alrededor de la planta. Estas prácticas ayudan a prevenir enfermedades y mejoran la eficiencia fotosintética de la planta, crucial para un crecimiento saludable (Inifap, 2024 - 2022).

Antes del trasplante se colocaron los anillos y rafia, desinfectados con alcohol al 5%, para evitar que algún patógeno llegara a introducirse en el cultivo. Cuando la planta tuvo tres pares de hojas verdaderas, se le colocó el anillo para sostener la planta mediante la rafia. En la primera poda se quitó el primer par de hojas verdaderas, esto para que los nutrientes de la planta se concentraran en la zona apical y aumentará la altura.

Conforme la planta crecía la rafia se iba colocando alrededor del tallo principal para darle estabilidad a la planta; cuando la planta tuvo una altura de 45 a 50 cm, se realizó la segunda poda, para dirigir los nutrientes a los racimos para mayor fructificación.

8. Cosecha

Se realizó a los cuatro meses después de ocurrida la germinación. La cosecha se hizo en forma manual o utilizando pinzas y tijeras previamente desinfectadas, cuando los frutos tenían el tamaño de 6 a 8 cm, estaban firmes al tacto y presentaban una coloración verde brillante.

Metas alcanzadas con base a las objetivos del plan de estudio

Aplicando los conocimientos adquiridos durante la formación académica, en la licenciatura en Agronomía, se realizaron diversas actividades básicas para un buen manejo agronómico del cultivo de chile. Se realizaron actividades como el acondicionamiento del invernadero para la siembra, la recopilación de fichas técnicas de los requerimientos nutricionales de la planta, así como conocer las etapas fenológicas del cultivo, selección de sustrato, semilla, sistema de riego y tipo de riego.

Las metas alcanzadas se resumen en las siguientes:

- Evaluación de una solución nutritiva para el cultivo de chile, y calcular las cantidades de fertilizantes durante todas sus etapas fenológicas.
- Se aplicó una solución nutritiva al cultivo de chile jalapeño en invernadero, basándose en las soluciones nutritivas de los autores antes citados.
Se logró realizar un manejo agronómico del cultivo desde la germinación hasta la cosecha.
- Se realizó un manejo fitosanitario adecuado del cultivo por lo que los umbrales económicos de plagas no fueron superiores a los recomendados.

Resultados y conclusiones

Como se puede identificar la planta cuenta con tres etapas fenológicas importantes: germinación que es el inicio del cultivo, de manera que durante la etapa vegetativa crecen las raíces, tallos y hojas; en la reproductiva, aparecen las flores y con ello se llevan a cabo los procesos de polinización y fecundación; y en la etapa de fructificación, el cuaje y llenado del fruto y finalmente del crecimiento de este. En el proceso identificando factores como la temperatura, humedad, conductividad eléctrica, riego, nutrientes para obtener una producción rentable.

El cálculo de las soluciones nutritivas se realizó con base en el requerimientos de la planta de chile, las condiciones de nuestro entorno y la fórmula propuesta por Steiner, siendo uno de los más utilizados en la agronomía por su eficacia. Los macronutrientes utilizados por cada 1000 L de agua fueron; fosfato de potasio 60 g, fosfato monopotásico 60 g, nitrato de calcio 725 g, sulfato de magnesio 487 y nitrato de potasio 300 g, descritas cada una de sus funciones anteriormente. Para los micronutrientes se aplicó sulfato de zinc 40 g, sulfato de cobre 7 g, sulfato de hierro 180 g y bórax 40 g, en una solución madre en 1 L de agua. Se aplicó fosfito de potasio (3 g L^{-1} de agua) como bioestimulante durante la floración y defensa contra los patógenos que se presentaron.

Uno de los principales temas que se abordó durante el manejo del cultivo de chile, fue el agua utilizada para el riego ya que esta proviene del canal que pasa por las instalaciones, ya que el agua potable es muy escasa.

El agua del canal pasó por un proceso de filtración, pero aún fue de suma importancia controlar sus niveles de alcalinidad. Para su control se utilizó ácido sulfúrico .70-.80 / 3mil L agua.

Las plagas y enfermedades que se presentaron durante el cultivo fueron mosquita blanca, pero no fueron inconveniente para la homeostasis del cultivo y se mantuvo por debajo de umbral económico para considerarlo plaga, simplemente fueron tratadas con trampas cromáticas y aplicación de bioinsecticidas y bioestimulantes que ayudaron a la prevención de patógenos.

En conclusión, para hacer el seguimiento agronómico del cultivo de chile jalapeño cuya nutrición procede de los fertilizantes solubles aplicados en la solución nutritiva, fue indispensable basarse en antecedentes para lograr una homeostasis en el cultivo.

Uno de los principales temas que se trató durante el cultivo de chile, fue el agua utilizada para el riego; los niveles de plagas y enfermedades se mantuvieron fuera del umbral económico ya que se dió la atención necesaria y los buenos niveles de nutrición que tenían las plantas. Es

importante considerar que, si no hubiera tenido el manejo adecuado, el cultivo se hubiera perdido.

El mejorar y optimizar la eficiencia de uso de nutrientes es de vital importancia y un reto fundamental que debe enfrentar cada técnico. La industria de agroquímicos constantemente va cambiando, así como la demanda en el mercado ya sea de tipo: social, cultural y económico y la agricultura en general. Razón por la cual los requerimientos nutricionales de un cultivo pasan a segundo plano ya que hoy en día se busca más rendimiento y producción para cubrir las demandas que exige el mercado. Dejando de lado los daños que se producen al usar los agroinsumos de manera irracional. Para implementar un entorno sustentable entre cultivo y demanda se debe buscar alternativas menos nocivas con el medio ambiente, una planta siempre se va adaptar a las condiciones que este se encuentre, un técnico sólo debe ayudar lo necesario en el entorno para que esta crezca de la mejor manera. Las oportunidades aparecen y es un tiempo de un cambio positivo, existen las herramientas para lograr el objetivo de mejorar la eficiencia de los nutrientes aplicados. Sin embargo, debemos evitar que las mejoras en eficiencia se produzcan a expensas de la viabilidad económica de los agricultores o del ambiente. Se deberá utilizar en forma juiciosa; para lograr el objetivo de alcanzar rendimientos altos y eficiencia en el uso de nutrientes, esto beneficia por igual a los agricultores, la sociedad y el ambiente.

La cosecha fue destinada a la cafetería de la unidad de Xochimilco de la UAM.

Recomendaciones

- Es indispensable buscar una solución al problema de la baja calidad del agua para uso agrícola.
- Utilizar de guía las cantidades de soluciones nutritivas del cultivo de chile, para la producción de otro ciclo del mismo cultivo.
- Fomentar la participación de los alumnos en el espacio agronómico del CIBAC.

Referencias

1. Agronoblog. (2023). Etapas Fenológicas del Chile: Guía Completa para Agricultores en América Latina <https://agronoblog.com/agricultura-es-mx/etapas-fenologicas/etapas-fenologicas-del-chile-guia-completa-para-agricultores-en-america-latina/>
2. Ayala, A. (2020). Producción del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. CV jalapeño) con la aplicación de diferentes dosis de biofertilizantes orgánicos foliares en la comuna Chipe Hamburgo 2. Tesis, Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador
3. Báez, F., Orozco, G., García, G., Uribe H., Aldaba, J. (2015). Paquete tecnológico del chile jalapeño. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias*.
4. Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, Á., Bugarín-Montoya, R., Pineda-Pineda, J., Flores-Canales, R., Juárez-López, P., Alejo-Santiago, G. (2014). Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. *Revista fitotecnica mexicana*, 37(3), 289-295.

5. Eximgro. (2021). Fosfato de amonio: Conoce este fertilizante disponible., <https://eximgro.com/fosfatos-amonio/>
6. Fermín Santos, H. (2021). *Productividad del agua en chile jalapeño'(Capsicum annuum) bajo invernadero en cuatro sustratos* (Bachelor's thesis, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla).
7. Galeote-Cid, G., Cano-Ríos, P., Ramírez-Ibarra, J. A., Nava-Camberos, U., Reyes-Carrillo, J. L., Cervantes-Vázquez, M. G. (2022). Comportamiento del chile Huacle (*Capsicum annuum* L.) con aplicación de compost y *Azospirillum* sp. en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 40.
8. Horacio, M. V., Juan, P. P., Moises, R. M., Enrique, V. G. - Sagarpa. (2010). Fertilización de chile serrano con riego por (Inifap) Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental Las Huastecas Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas, Libro Técnico No. 2
9. Inifap. 2024. Manual de chile jalapeño. Recuperado el 7 de febrero de 2024 <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes2012/143.pdf>
10. Inifap. (2022). Manuales prácticos para la elaboración de Agrono blog., (2023)., Etapas Fenológicas del Chile: Guía Completa para Agricultores en América ración de bioinsumos. Solución Steiner. Gob. Mx. Recuperado el 7 de febrero 7, 2024, from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737326/7_Solucion_Steiner.pdf
11. Inifap. (2010). Fertilización de chile serrano con riego por goteo en el sur de Tamaulipas., Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental Las Huastecas Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas.
12. Rebollar, E., F. (2019). Soluciones nutritivas para cada etapa fenológica del chilhuacle (*Capsicum annuum* L.), Universidad Autónoma Del Estado De Morelos Facultad De Ciencias Agropecuarias.
13. Torres, Ó. G. V. (2016). Importancia de los fosfatos y fosfitos en la nutrición de cultivos. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 2(3), 55-61.
14. Urbina-Sánchez, E., Cuevas-Jiménez, A., Reyes-alemán, J. C., Alejo-Santiago, G., Valdez-Aguilar, L. A., & Vázquez-García, L. M. (2020). Solución nutritiva adicionada con NH₄⁺ para producción hidropónica de chile huacle (*Capsicum annuum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(3), 291-291.

Firma de asesor



Dr. Antonio Flores Macías