

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ciencias de la vida

Evaluación del voltaje en agua de riego en la asimilación de nutrientes y tolerancia a enfermedades en dos variedades de tomate riñón.

Proyecto de Titulación

Previo la obtención del Título de:

Magíster en Sanidad Vegetal

Presentado por:

Magaly Johanna Chacha Saltos

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

A todas las personas que creen en mí
incondicionalmente y con amor han corregido y
acompañado cada paso.

Agradecimientos

A mis papás quienes me han dado las herramientas necesarias para crecer de todas las formas posibles.

A mi querida Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador que ha cimentado las bases de mis conocimientos.

A la Facultad de Ciencias de la Vida de la Escuela Superior Politécnica del Litoral por fortalecer mis conocimientos a través de sus docentes.

Declaración Expresa

Yo Magaly Johanna Chacha Saltos acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, marzo del 2025

Magaly Chacha Saltos

Evaluadores

Ing. Adriana Santos, PhD

Profesor de Materia

Ing. Freddy Magdama, PhD

Tutor de proyecto

Resumen

En la actualidad el modelo de producción agrícola se orienta hacia la disminución del impacto ambiental y el aprovechamiento de los recursos del sistema de producción. En este sentido, surgen investigaciones que contrastan la eficiencia de nuevos modelos y/o técnicas de producción frente al manejo convencional. El tomate riñón es una de las principales hortalizas que se consumen a nivel nacional, se cultiva tanto en campo abierto como en invernaderos bajo un sistema de producción intensivo. Sin embargo, su producción enfrenta diversas limitaciones como deficiencias nutricionales, plagas y enfermedades, siendo el oidio y el permanente del tomate, cuyo agente causal es *Candidatus liberibacter*, las más agresivas por su impacto en la producción. Esta investigación se desarrolló en un invernadero con una población de 1480 plantas de tomate riñón de las variedades Miramar y Pietro, bajo fuentes de nutrientes convencionales y orgánicas los cuales a su vez fueron expuestos a agua de riego con voltaje 10000 y voltaje 0. El estudio permitió evaluar la influencia del contenido de nutrientes en la solución del suelo, su aprovechamiento y su relación con la resistencia a enfermedades. Esto hizo posible identificar la variedad más prometedora en términos de producción, eficiencia en la absorción de nutrientes y resistencia a enfermedades.

Palabras Clave: Resistencia, aprovechamiento de nutrientes, modelos de producción, rendimiento

Abstract

Currently, the agricultural production model is focused on reducing environmental impact and optimizing the use of resources within the production system. In this context, research has emerged comparing the efficiency of new production models and/or techniques against conventional management.

Tomato is one of the most widely consumed vegetables at the national level and is cultivated both in open fields and greenhouses under an intensive production system. However, its production faces several limitations, such as nutritional deficiencies, pests, and diseases, with powdery mildew and tomato permanent being the most aggressive due to their impact on yield.

This research was conducted in a greenhouse with a population of 1,480 tomato plants of the Miramar and Pietro varieties, under conventional and organic nutrient sources. These plants were also exposed to irrigation water with a voltage of 10000 and 0. The study enabled the evaluation of the influence of nutrient content in the soil solution, its utilization, and its relationship with disease resistance. This made it possible to identify the most promising variety in terms of production, nutrient absorption efficiency, and disease resistance.

Keywords: *Resistance, nutrient utilization, production models, yield.*

Índice general

Resumen	1
<i>Abstract</i>	2
Índice general	3
Índice de figuras y tablas	4
Capítulo 1	5
1. Introducción.....	6
1.1 Descripción del Problema	7
1.2 Justificación del Problema	9
1.3 Objetivos:	10
1.3.1 Objetivo general.....	10
1.3.2 Objetivos específicos	11
1.4 Marco teórico	11
Capítulo 2	18
2. Metodología.....	19
Capítulo 3	23
3. Resultados/productos esperados:	24
Capítulo 4	27
4. Conclusiones y recomendaciones	28
5. Referencias	30

Índice de tablas

Tabla 1. Requerimientos del cultivo de tomate riñón	13
Tabla 2 Diseño del experimento	19
Tabla 3 Interacciones para el efecto de dos niveles de voltaje en dos variedades comerciales bajo 2 fuentes de fertilización	20

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Set de paletas de identificación de patrones	21
Ilustración 2 Identificación de áreas afectadas	21

Índice de anexos

Anexo 1 Esquema de distribución de los tratamientos	36
Anexo 2 Plántulas y plantación.....	36
Anexo 3 Equipos de medición Laquatwin	36
Anexo 4 Sintomatología del permanente del tomante	37
Anexo 5 Sintomatología de oidio.....	37
Anexo 6 Plantación de tomate riñón 15 días y 45 días	37

Capítulo 1

1. Introducción

El rendimiento de los cultivos responde al efecto de factores bióticos y abióticos (Huber et al., 2011), así la resistencia y tolerancia a enfermedades y factores climáticos están relacionadas con la disponibilidad de nutrientes que a través de su asimilación permiten la activación de rutas metabólicas vinculadas a mecanismos de defensa.

La nutrición de las plantas puede considerarse un factor ambiental manipulable con relativa facilidad, así al presentarse un estrés biótico la fertilización adecuada ha sido una herramienta para su mitigación ya que las plantas con un estado nutricional óptimo presentan mayor resistencia a enfermedades mientras que la susceptibilidad aumenta a medida que el estado nutricional se desvía de este óptimo (Dong et al., 2022).

Entre los cultivos hortícolas de mayor importancia y distribución geográfica se encuentra el tomate riñón *Solanum lycopersicum* el cual en el 2019 tuvo una producción mundial de más de 180 millones de toneladas (Panno et al., 2021). En Ecuador las principales provincias en donde se cultivan son: Imbabura, Manabí, Santa Elena, Pichincha, Azuay, Tungurahua y Cotopaxi tanto en campo abierto como en invernadero con una producción de 55,277.2 toneladas en 1,650 hectáreas (ESPAC, 2021).

Sin embargo, la productividad de este cultivo se ve afectada por diversas limitaciones, entre ellas, la disponibilidad de nutrientes, la incidencia de plagas y la susceptibilidad a enfermedades como el oidio y el permanente del tomate, esta última refiere a la enfermedad provocada por la infección de *Candidatus liberibacter* a través de los fluidos bucales de *Bactericera cockerelli*, que generan importantes pérdidas económicas.

Por ello, es necesario adoptar estrategias innovadoras que limiten los efectos de la infección por patógenos para implementar una transición hacia prácticas agrícolas y hábitos de vida sostenibles basados en la optimización de agroquímicos y la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos. (Panno et al., 2021). Para abordar estos desafíos, es fundamental evaluar

estrategias que mejoren la absorción de nutrientes y la resistencia a enfermedades, especialmente en sistemas intensivos de producción.

En este estudio, se analizó el comportamiento de dos variedades de tomate riñón, Miramar y Pietro, cultivadas en invernadero bajo el efecto de diferentes fuentes de nutrientes (convencionales y orgánicas) y sometidas a riego con voltajes de 10000 V y 0 V. Los resultados permitirán determinar cuál de estas variedades presenta un mejor desempeño en términos de producción, eficiencia en la absorción de nutrientes y resistencia a enfermedades que a su vez incidirán en un menor costo de producción.

1.1 Descripción del Problema

El tomate riñón es una de las hortalizas más consumidas a nivel mundial, es cultivado tanto en campo abierto como en invernaderos mediante un sistema de producción intensivo. Sin embargo, su productividad se ve seriamente afectada por diversos factores, entre los cuales destacan deficiencias nutricionales, plagas y enfermedades, siendo el oidio y el permanente del tomate unas de las principales enfermedades que afectan al rendimiento y calidad.

El permanente del tomate es causado por la infección de la bacteria *Candidatus liberibacter solanacearum* la cual es transmitida a través de la saliva de psílidos como: *Bactericera cockerelli*, *B. trigonica* y *Trioza apicalis*. Esta bacteria desarrolla su proceso de infección en el floema, por lo que los mecanismos de defensa de la planta se ven comprometidos, así existe un bloqueo en la transmisión de nutrientes lo cual se refleja en la atrofia del follaje, coloración purpúrea del tejido joven, entrenudos comprimidos, entre otros (Chuan et al., 2024).

El mildiu polvoso u oidio es causado por hongos que en los tejidos vegetales se aprecian como manchas blancas polvorientas, son parásitos biótrophicos obligados, que si bien no causan la muerte de las células vegetales limitan la capacidad fotosintética del huésped (Vielba-Fernández et al., 2020). El agente causal de oidio en el tomate y pimiento es *Leveillula taurica* que puede ocasionar pérdidas entre 2 a 4 kg/ m² (Zheng et al., 2013).

La producción agrícola se enfrenta a un creciente desafío en términos de sostenibilidad y eficiencia, lo que ha impulsado el desarrollo de estrategias que buscan reducir el impacto ambiental y optimizar el uso de los recursos disponibles en los sistemas de cultivo.(Gupta et al., 2017).Las plantas están expuestas a múltiples factores de estrés, tanto bióticos como abióticos, que afectan su rendimiento y calidad.

Entre estos factores, las enfermedades causadas por hongos y bacterias representan un desafío significativo para la agricultura. La nutrición de las plantas juega un papel crucial en la resistencia o susceptibilidad a estos patógenos. Los efectos de nutrientes clave, como el nitrógeno (N), el potasio (K) y el calcio (Ca), en la interacción entre plantas y patógenos, son de particular relevancia, ya que pueden modificar la capacidad de la planta para resistir o tolerar infecciones. La resistencia de las plantas a las enfermedades también está influenciada por la interacción entre los nutrientes y la actividad microbiana en la rizosfera, lo que puede inducir efectos indirectos sobre la resistencia y tolerancia a patógenos (Huber et al., 2011).

La deficiencia de potasio aumenta la susceptibilidad de las plantas a parásitos obligados y facultativos, ya que reduce la síntesis de compuestos de alto peso molecular como proteínas, almidón y celulosa. Esto resulta en la acumulación de compuestos orgánicos de bajo peso molecular que sirven como fuentes de nutrientes fácilmente accesibles para los patógenos. De manera similar, el calcio desempeña un papel importante en la resistencia a enfermedades, ya que estabiliza las membranas celulares y modula los mecanismos de defensa. La deficiencia de Ca aumenta la permeabilidad de las membranas y facilita la invasión por hongos y bacterias, lo que puede llevar a un aumento de la susceptibilidad a enfermedades (Huber et al., 2011).

El suministro de nitrógeno tiene efectos complejos en la interacción planta-patógeno. Un suministro excesivo de N puede promover el crecimiento vegetativo, lo que a su vez aumenta la proporción de tejido joven lo cual lo hace más susceptible a infecciones, y puede favorecer la germinación y crecimiento de los patógenos. Sin embargo, la respuesta de la planta al nitrógeno no

es uniforme y depende de factores como la forma del fertilizante, el tipo de patógeno y las condiciones de crecimiento (Dordas, 2008).

La nutrición mineral adecuada y equilibrada en los cultivos puede reducir la tasa de desarrollo de enfermedades y mejorar la resistencia de las plantas.(Gupta et al., 2017). Esta idea refuerza la importancia de manejar la nutrición de manera efectiva para controlar el estrés biótico y mejorar la sanidad de los cultivos.

La conductividad eléctrica del agua, relacionada con la concentración de sales y nutrientes disueltos, también juega un papel importante en la asimilación de nutrientes. El voltaje en el agua de riego puede modificar la conductividad, influyendo sobre la disponibilidad y el transporte de los nutrientes. Valores de CE, entre 2 y 3 dS m⁻¹ facilitan la absorción eficiente de nutrientes(Garcia Terrazas et al., 2022)

Esta investigación se llevó a cabo en un invernadero con 1480 plantas de tomate riñón de las variedades Miramar y Pietro, bajo sistemas de nutrición convencional y orgánica. Las plantas fueron expuestas a dos condiciones de riego, con agua de voltaje 10000 y 0, permitiendo evaluar cómo las fuentes de nutrientes influyen la absorción de nutrientes y la resistencia a enfermedades. El estudio también buscó identificar la variedad de tomate que mejor se adapta a diferentes regímenes nutricionales y condiciones de riego, optimizando tanto la absorción de nutrientes como la resistencia a las principales enfermedades, particularmente el oidio y el permanente del tomate.

Los resultados obtenidos proporcionarán información valiosa para mejorar las prácticas de manejo en la producción de tomate riñón, con un enfoque hacia la reducción de los impactos de las enfermedades y la optimización del uso de los recursos disponibles.

1.2 Justificación del Problema

Actualmente se promueve la producción agrícola bajo lineamientos ligados a la producción orgánica como una alternativa para una producción sostenible con rendimientos

equivalentes al modelo convencional (Geng et al., 2022), es así como el uso de agroquímicos y fertilizantes de síntesis química puede ser controversial en este contexto. El desarrollo de nuevas tecnologías que permitan optimizar los recursos del suelo y de la fertilización permiten esclarecer la brecha entre la producción convencional y la producción orgánica pudiendo visibilizar el sistema más eficiente en el aprovechamiento de recursos. La aplicación de voltaje en el agua de riego genera cambios a nivel físico y bioquímico del agua, favoreciendo la asimilación de nutrientes presentes en la solución del suelo y mitigando los patógenos que pudiesen estar presentes en el mismo. Estas propiedades pueden ser prometedoras a nivel económico al reducir los gastos en pesticidas y en la optimización de recursos, sin embargo, es crucial ponerlas a prueba en campo bajo las condiciones de producción más utilizadas y con las variedades que ha elegido cada productor para visibilizar las alternativas que las nuevas tecnologías nos otorgan, así como lo hicieron D. I. Sumedrea et al., (2024) y Rusu et al., (2023) . D. I. Sumedrea et al. contrastaron los efectos de fertilización orgánica versus fertilización convencional bajo dos regímenes de riego en dos variedades de tomate riñón, mientras que Rusu et al. evaluaron dos variedades de tomate cultivado en invernadero ('Cristal' y 'Siriana') bajo tres tipos de fertilización (fertilizante químico NPK, gallinaza y fertilizante biológico con microorganismos).

1.3 Objetivos:

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el impacto del voltaje aplicado en el agua de riego sobre la asimilación de nutrientes y la tolerancia a enfermedades en dos variedades de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*), con el fin de determinar su influencia en el crecimiento, desarrollo y sanidad de las plantas bajo condiciones controladas.

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar la incidencia y severidad de *Leveillula taurica* y la fisiopatía de punta morada en el cultivo de tomate riñón, con el fin de identificar la variedad con mayor resistencia a estas afecciones bajo el efecto del voltaje en el agua de riego.

Cuantificar la concentración de los iones Calcio (Ca^{2+}), Nitrógeno (NO_3^-), Potasio (K^+) y Sodio (Na^+) en el tejido foliar del cultivo, mediante el uso de medidores portátiles LAQUAtwin, para evaluar la asimilación de nutrientes en función de los tratamientos aplicados.

Determinar la disponibilidad de los iones Calcio (Ca^{2+}), Nitrógeno (NO_3^-), Potasio (K^+) y Sodio (Na^+) en la solución del suelo, utilizando medidores portátiles LAQUAtwin, con el propósito de analizar la eficiencia de absorción de nutrientes bajo diferentes condiciones de voltaje en el agua de riego.

Evaluar el rendimiento productivo y la vida útil postcosecha de los frutos en percha para cada tratamiento aplicado, con el objetivo de identificar la variedad y el sistema de nutrición más eficiente en términos de productividad y conservación.

1.4 Marco teórico

Producción hortícola

Una producción sostenida en el tiempo involucra la gestión óptima de recursos biológicos y de síntesis que recaen sobre: selección de área de plantación, elección de variedad adaptada a la zona, preparación de la plántula y lote antes de la siembra, fertilidad del suelo, selección de fertilizantes, densidad de siembra, monitoreo de plagas y enfermedades (Gabriel-Ortega et al., 2020).

En la actualidad la producción hortícola está orientada a tener como principio el reciclaje de nutrientes y favorecer los sistemas de defensas de las especies cultivadas orientando a la producción hacia un modelo sostenible, en este contexto un insumo que cumple estos requerimientos es el composte té el cual al contener organismos se convierte en un insumo que combina el aporte de

nutrientes con la presencia de moléculas bioactivas obteniendo un efecto complementario y sinérgico que se refleja en la sanidad de los cultivos(Pilla et al., 2023).

En los sistemas de producción de hortalizas de Ecuador se identifican como principales limitantes la falta de conocimiento en cuanto a: análisis de suelo, estrategias de venta, preparación de suelo, procesos realizados después de la cosecha (Peralta et al., 2021)

En este sentido el desarrollo de tecnologías que involucran a la academia con productores resulta en la selección de variedades óptimas para la zona de producción en función del rendimiento y la tolerancia a enfermedades frecuentes, a más de fortalecer los conocimientos de productores con relación al manejo cultural y fitosanitario del cultivo(Gabriel-Ortega et al., 2020) .

Así, se han desarrollado investigaciones que evalúan la eficiencia del uso de fuentes orgánicas e inorgánicas de fertilizantes en función de variables relacionadas a la producción y el desarrollo del cultivo. Ejemplos de estos trabajos lo muestran Carrilo, F. (2018) que evaluó las mezclas sintéticas y su influencia en el rendimiento del cultivo de brócoli, Heredia, C. (2002) que evaluó 6 variedades de tomate riñón con manejo orgánico identificando una variedad que se adapta a la zona de estudio y presenta mayor rendimiento, y Ninabanda,N.(2002) que evaluaron la influencia de dosis de micorrizas sobre el crecimiento de planta, la proliferación de micorrizas, y los días a la floración.

Requerimientos del cultivo de tomate riñón

Los requerimientos del cultivo de tomate riñón deben ajustarse en función de la disponibilidad de nutrientes presentes en el suelo para ser complementados con fuentes orgánicas o de síntesis químicas considerando el aporte de nutrientes por kg del insumo a utilizar(López, 2017).

Tabla 1. *Requerimientos del cultivo de tomate riñón*

Nivel medio de nutrientes		
pH	5 a 6	
Acidez	0,3 a 1	cmol/l
Ca	4 a 6	cmol/l
Mg	1 a 3	cmol/l
K	0,2 a 0,5	cmol/l
P	12 a 20	mg/l
Cu	0,5 a 1	mg/l
Zn	2 a 3	mg/l
Mn	5 a 10	mg/l
Fe	5 a 10	mg/l
Fe/Mn	3	
Ca/Mg	2 a 5	
Ca/K	5 a 25	
Mg/K	2,5 a 15	
(Ca + Mg)/K	10 a 40	
MO		%

Variedades

Las variedades de tomate cultivadas se pueden diferenciar de manera visual por la tonalidad de las hojas, hábitos de crecimiento, disposición de racimos florales, tiempo a la cosecha, altura del primer racimo, entre otros sin embargo, el principal factor que influye en la selección de una variedad es el rendimiento que puede expresar en determinadas condiciones en función de su capacidad de adaptación resistencia y eficiencia de absorción de nutrientes así en la investigación de Ruiz & Romero, (1998) se identificaron los genotipos G1,G4,G5 y G10 son más eficientes en la asimilación de NO₃ lo cual se reflejó en el rendimiento alcanzado al final del ciclo.

En Ecuador unas de las variedades más implementadas tanto en campo abierto como invernadero son: Miramar y Pietro. A continuación, se describen algunas de las principales características:

Miramar: es un híbrido de hábito indeterminado cuyo ciclo es de 95-108 días, sus racimos son uniformes, exhibe resistencia a nematodos, tiene buena tolerancia a la pudrición basal del fruto (cracking).

De acuerdo con la investigación de Mendoza Macias et al., (2023) las principales características agronómicas de esta variedad son:

Días a la floración: 23

Días a la fructificación: 36

Días a cosecha: 69

Altura de planta días (60): 165.31 cm

Diámetro del tallo (60 días): 11.33 mm

Rendimiento: 16.04 t/ha

Pietro: tiene hábito indeterminado, con un peso promedio del fruto de 240 gr. Tiene alta resistencia a las enfermedades causadas por los agentes causales: *Fusarium oxysporum* sp. *Lycopersici*, *Verticillium albo-atrum*, y virus del mosaico del tomate.

De acuerdo con la investigación de Mendoza Macias et al., (2023) las principales características agronómicas de esta variedad son:

Días a la floración: 25

Días a la fructificación: 34

Días a cosecha: 71

Altura de planta (60 días): 156.18 cm

Diámetro del tallo (60 días): 11.41 mm

Rendimiento: 11.22 t/ha

Voltaje en el agua de riego

Al utilizar una forma de energía en los cultivos ya sea directa o indirectamente se obtienen cambios en las propiedades del producto así al exponer los frutos a campos eléctricos pulsados se obtuvo una mayor concentración de bioactivos (terpenos y licopeno) en relación con los frutos que fueron expuestos al testigo absoluto (Vallverdú-Queralt et al., 2012)

El tratamiento electromagnético del agua se ha empleado en la agricultura, especialmente para el manejo de suelos salinos. Sin embargo, también se han observado otros efectos positivos, como la reducción de la tensión superficial y la modificación de la porosidad del suelo, debido a la fragmentación de partículas a escala microscópica. Estos cambios mejoran las propiedades físicas del suelo, transformándolo en un entorno más favorable para la actividad biológica de la flora y fauna edáfica (Moussa et al., 2020).

Al influir en las propiedades fisicoquímicas del suelo, este tipo de tratamiento favorece procesos como la germinación de semillas, el aumento del contenido de clorofila en las hojas, la disminución de la alcalinidad del suelo, y la disolución de sales ligeramente solubles como carbonatos, fosfatos y sulfatos. Asimismo, mejora la disponibilidad de nutrientes, la conductividad eléctrica del suelo e incluso inactivan bacterias y hongos presentes en el suelo (Takaki et al., 2019; Moussa et al., 2020).

No obstante, es importante considerar que un incremento excesivo en la conductividad eléctrica (CE) del suelo, producto de ciertos procesos fisicoquímicos, puede tener efectos adversos sobre el desarrollo del cultivo. Investigaciones como la de Ehret et al., (2013). han demostrado que niveles elevados de CE pueden reducir tanto el rendimiento por planta como el tamaño del fruto, lo que subraya la necesidad de un manejo cuidadoso al aplicar tratamientos que modifiquen esta propiedad.

Aprovechamiento de nutrientes

La dosificación de nitrógeno influye principalmente en el crecimiento vegetativo de la planta, sin embargo, en etapas posteriores su correcta dosificación influirá en el contenido del azúcar, antioxidantes, por lo que la racionalización de N en etapa reproductiva no influye directamente en el volumen en bruto de cosecha sino en las características químicas del fruto (Bénard et al., 2009).

Equipos de análisis rápido

El surgimiento de equipos rápidos de medición para el análisis nutricional de los cultivos se posiciona como una oportunidad para que los técnicos y productores puedan realizar correcciones a sus sistemas de fertilización, sin embargo, son herramientas en las que se requiere pericia tanto en la toma de muestras como en la calibración de los equipos (Hochmuth & Kinslow, 2020).

Este tipo de análisis permite desarrollar tablas de referencia de nutrientes propias del cultivo como un indicador.

Los equipos LAQUAtwin de la empresa HORIBA tienen como principio de medición el método de electrodo selectivo de ion, son instrumentos de bolsillo que requieren calibración sencilla en dos extremos. Para evaluar cada elemento se requiere equipos diferentes, de tal forma se pueden medir tanto en sabia como en solución del suelo la presencia de los iones: Ca^{2+} , NO_3 , K^+ , Na^+ , potencial de hidrógeno, concentración de sales y conductividad eléctrica.

Con estos equipos se han realizado investigaciones como el de Sumedrea et al., (2021) en el que se evaluó el efecto de la fertilización con insumos orgánicos y con fertilizantes de síntesis química, aplicados foliar o edáficamente. De esta investigación se obtuvo que la fertilización química conjugada con aplicaciones foliares de bioinsumos obtuvo los mejores rendimientos en cuanto al contenido de nitratos, potasio y calcio que fueron medidos con los equipos de Horiba, laquatwin. Adicionalmente Cabrera Corral et al., (2016) han demostrado que el error de medición de Horiba laquatwin y los resultados de un análisis de laboratorio fueron mínimos, por lo que se considera que los equipos pueden obtener datos aproximados sobre la concentración de algunos nutrientes del suelo, aunque requiere mediciones y calibraciones cuidadosas.

Oidio (*Leveillula taurica*)

Los agentes causales de oidio o mildiú polvoso poseen varios hospederos y pueden ocasionar pérdidas económicas importantes debido a la disminución de tejido fotosintéticamente activo, por lo que un porcentaje considerable de los recursos se dedican a métodos preventivos y curativos para estos patógenos que incluyen el uso de insumos orgánicos como: extractos de plantas, sales inorgánicas, biosidas microorganismos y fungicidas (Guzmán-Plazola et al., 2011).

Permanente del tomate

Candidatus Liberibacter solanacearum es el agente causal de la punta morada de la papa el cual es transmitido por el hemíptero *Bactericera cockerelli* el cual afectan a varios cultivos de las familias Solanaceae y Apiaceae. Particularmente en la papa causan la enfermedad de la “cebra chip” mientras que en tomate riñón presentan síntomas similares a los de la enfermedad del amarillamiento permanente de los cítricos. Así la dispersión de *Candidatus Liberibacter solanacearum* en el cultivo de tomate riñón ocasiona disminución del crecimiento apical, aparición de ramificaciones, bordes violacios y posteriormente la muerte del tejido vegetal (Mendoza-Herrera et al., 2018).

Afectación fisiológica de las plantas ante la presencia de patógenos

La afectación por enfermedades en los cultivos genera la activación de varios sistemas de respuesta, lo que conlleva a un significativo gasto energético. Este proceso limita la capacidad de la planta para absorber nutrientes de manera eficiente, lo que a su vez debilita su resistencia frente a nuevas amenazas. Como resultado, en estados avanzados de una enfermedad específica, la planta no está en capacidad de mantener sus funciones vitales, ya que la energía se desvía hacia la lucha contra el patógeno, lo que agrava aún más la sanidad del cultivo. Este ciclo vicioso reduce la capacidad de la planta para sintetizar compuestos esenciales, como proteínas y clorofila, afectando negativamente su crecimiento y productividad. Además, el estrés causado por la enfermedad puede aumentar la vulnerabilidad de la planta a otros factores adversos, como condiciones ambientales desfavorables, creando un entorno propicio para el colapso de la planta (Rojas et al., 2014).

Capítulo 2

2. Metodología.

Para la implementación del ensayo se consideró 10 camas de 24.80m *0.80 m, en cada cama se plantarán 164 plantas.

Tabla 2 *Diseño del experimento*

Unidad experimental	20
Pseudoreplicas	84
Subsubparcela	40
Subparcela	80
Parcela grande	160
Número total de plantas dentro del ensayo	1480

Factores en estudio

Aplicación de voltaje

S: Sin Voltaje

C: Con voltaje (10000 voltios)

Variedades

Miramar: V1

Pietro: V2

Fuente de fertilización

F1: Fertilización sintética

FO:Fertilización orgánica

Interacciones:

Se plantea un diseño de parcela dos veces dividida para lo cual se identifican 8 interacciones como resultado de la interacción de los 3 factores en estudio como sigue en la Tabla 3 e :

Tabla 3 Interacciones para el efecto de dos niveles de voltaje en dos variedades comerciales bajo 2 fuentes de fertilización

Codificación	Descripción
S F1 V1	Sin voltaje + Fertilización sintética+ Miramar
S F1V2	Sin voltaje + Fertilización sintética+ Pietro
S F0 V1	Sin voltaje + Fertilización orgánica + Miramar
S F0 V2	Sin voltaje + Fertilización orgánica + Pietro
C F1 V1	Voltaje 10000 + Fertilización sintética+ Miramar
C F1 V2	Voltaje 10000 + Fertilización sintética+ Pietro
C F0 V1	Voltaje 10000 + Fertilización orgánica + Miramar
C F0 V2	Voltaje 10000 + Fertilización orgánica + Pietro

Colecta de muestras para ser analizadas en equipos Laquatwin

1. Se realizará en la mañana en una superficie homogénea.
2. Tomar una hoja nueva pero formada completamente, suele ser la cuarta a quinta hoja contando desde el ápice
3. Eliminar foliolos
4. Cortar y macerar peciolo
5. Calibrar medidores
6. Colocar muestras en el sensor
7. Enjuagar muestra

a. Evaluar la severidad de *Leveillula taurica* y punta morada en el cultivo de tomate riñón para identificar la variedad más resistente

Se evaluarán semanalmente un total de 160 plantas en las que se identificará la presencia de los patógenos *Leveillula taurica* y punta morada considerando su sintomatología.

Para la evaluación de severidad de *Leveillula taurica* se usará la herramienta pliman como sigue:

Entrenamiento del modelo: se generan patrones a partir del entrenamiento de la función disponible en R.



Ilustración 1 Set de paletas de identificación de patrones

Identificación de zonas afectadas: a partir de los valores de los píxeles la herramienta nos permite identificar y cuantificar el porcentaje de área afectada de los tejidos de interés



Ilustración 2 Identificación de áreas afectadas

b. Registrar el contenido de los iones Calcio, Nitrógeno, Potasio, Sodio en el tejido del cultivo a través del uso de los medidores de bolsillo LAQUAtwin

Las evaluaciones del contenido de los iones Calcio, Nitrógeno, Potasio, Sodio y conductividad eléctrica serán medidos cada 15 días a partir de la plantación para cada tratamiento, al final del ciclo se generarán curvas que muestren el contenido de los

nutrientes en el tejido vegetal, para una posterior correlación con la severidad e incidencia de las enfermedades en cuestión; y con la concentración de nutrientes en el suelo.

c. Registrar la disponibilidad de los iones Calcio, Nitrógeno, Potasio, Sodio en la solución del suelo del cultivo a través del uso de los medidores de bolsillo LAQUAtwin

Las evaluaciones del contenido de los iones Calcio, Nitrógeno, Potasio, Sodio y conductividad eléctrica serán medidos cada 15 días a partir de la plantación para cada tratamiento, al final del ciclo se generarán curvas que muestren el contenido de los nutrientes en el suelo, para una posterior correlación con la severidad e incidencia de las enfermedades en cuestión.

d. Registrar el rendimiento y duración en percha de cada tratamiento para identificar la variedad y sistema de nutrición más efectivo.

Se registra la cosecha de las plantas 160 plantas seleccionadas durante todo el ciclo de producción (4 meses). Al finalizar el ciclo se contrastará el rendimiento de cada tratamiento discutiendo la influencia del tipo de nutrición y la presencia de enfermedades que tuvo cada unidad experimental,

Capítulo 3

3. Discusión de resultados/productos esperados:

Con esta investigación se busca validar la influencia de la aplicación de voltaje en el sistema de riego sobre la absorción de nutrientes en sistemas de producción orgánica y convencional. A partir de los resultados se elegirá la variedad que más se adapta a la zona de estudio y el mejor sistema de producción para dicha variedad.

La aplicación de voltaje en sistemas de riego es un tema que aún no ha sido abordado por otras entidades, a excepción de una tesis de pregrado de la Universidad Central del Ecuador que aún se encuentra en fase de análisis, por lo que no se encontraron referencias bibliográficas que permitan reforzar la relevancia de este estudio.

- A partir de esta investigación se identificará la variedad de tomate riñón que presente menor incidencia y severidad de *Leveillula taurica* y de la fisiopatía de punta morada, en función del sistema de producción (orgánico o convencional) y del uso de voltaje en el sistema de riego. En el desarrollo de la tesis de pregrado antes mencionada, se identificó que las plantas sometidas a riego con voltaje fueron más tolerantes a enfermedades ocasionadas por *Fusarium* y por *Leveillula taurica*, así como a daños ocasionados por *Tuta absoluta*. Lo cual sugiere una posible relación entre el sistema de riego con voltaje con la eficiencia en la absorción de nutrientes y activación de los sistemas de defensa de las plantas, lo cual se buscará validar en esta investigación. Se debe destacar que las fuentes de nutrición (orgánica o convencional) pueden proporcionar beneficios en diferentes aspectos en relación de su origen y composición, así de manera general las fuentes orgánicas incrementan la calidad nutricional del fruto, promueven la sostenibilidad de los sistemas y favorecen la resistencia de las plantas. Mientras que las fuentes inorgánicas se destacan por el incremento en el peso de frutos y desarrollo de las plantas al proporcionarles los elementos necesarios en forma asimilable para cumplir con sus necesidades fisiológicas (Mogale & Maluleke, 2025).

- Al ser una investigación que evalúa la influencia de varios factores se espera encontrar diferencias significativas en la asimilación de nutrientes a nivel foliar, fuente de fertilización y presencia o ausencia de voltaje. Mogale & Maluleke, (2025) destacan que el uso de fuentes orgánicas como fibra de coco facilitan el enraizamiento y la absorción de nutrientes, especialmente K^+ y Fe, mejorando los parámetros de calidad del fruto como vitamina C y licopeno. De igual manera la investigación de Rusu et al., (2023) en la que evaluaron el valor nutricional de los frutos de dos variedades de tomate ('Cristal' y 'Siriana') bajo tres tipos de fertilización (fertilizante químico NPK, gallinaza y fertilizante biológico con microorganismos), encontraron que el contenido de K, Ca, P, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn en frutos fue mayor bajo fertilización química, mientras que el contenido de compuestos polifenólicos fue mayor con fertilización biológica; esto responde a que en niveles bajos de N se limita el crecimiento de las plantas por lo que el carbono es trasladado a la producción de metabolitos secundarios dependientes de carbono. Estas diferencias reflejan cómo las fuentes de nutrientes modifican la fisiología de la planta, y este estudio espera confirmar tales patrones mediante análisis foliar directo con equipos portátiles.

- Se espera que la aplicación de voltaje en el sistema de riego favorezca la disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo, mejorando su absorción. Aunque no existen referencias científicas previas sobre este enfoque, en la tesis de pregrado mencionada se observaron beneficios en el vigor vegetal y la resistencia a enfermedades durante el desarrollo del cultivo. Estudios como el de Geng et al., (2022) que buscan encontrar alternativas al uso desmedido de fertilizantes al evaluar los tratamientos: control sin fertilizantes, estiércol de pollo, fertilizante químico reducido, y fertilizante convencional; evidencian que la eficiencia en el uso del nitrógeno mejora con fertilización química reducida combinada con abonos orgánicos, disminuyendo la lixiviación de nutrientes y mejorando el rendimiento económico. En la investigación de Chen et al.,

(2022) demostraron que el uso de materia orgánica como vermicompost mejoró la estructura del suelo y las propiedades químicas: pH y conductividad eléctrica, favoreciendo a su vez la diversidad microbiana del suelo con grupos como: proteobacteria y actinomycota que promueven la resistencia a enfermedades. Sin embargo, la aplicación de vermicompost también puede aumentar significativamente el valor de conductividad eléctrica y existe un riesgo de salinización secundaria del suelo después de la aplicación a largo plazo. Lo cual también será evaluado en esta propuesta mediante la medición de CE y pH del suelo. Usero et al., (2021) reportaron que la fertilización orgánica con lombricompost aumentó la disponibilidad de fósforo por actividad microbiana, mientras que la concentración de K^+ , $N-NO_3$ fue mayor en suelos con fertilización química. Este estudio permitirá validar si dichos patrones se replican bajo condiciones locales y si el voltaje aplicado en el riego afecta estos procesos.

- Se espera identificar interacciones significativas entre la variedad, el tipo de fertilización y el voltaje aplicado sobre el rendimiento y calidad postcosecha. Rusu et al., (2023) reportan que el peso del fruto puede variar en función del sustrato y la fertilización, siendo el rendimiento mayor con una combinación de fertilizante orgánico y químico. Sin embargo, también se resalta que el número de frutos está determinado genéticamente, por lo cual las variaciones esperadas se centran en el peso y calidad.

Usero et al., (2021) y Turhan & Özmen, (2021) demostraron que el vermicompost y la gallinaza aumentaron el contenido de antioxidantes como licopeno, β -caroteno y vitamina C, mientras que la fertilización química destacó en rendimiento y contenido de $N-NO_3$. Esto sugiere una relación inversa entre producción y calidad nutricional.

La vida útil en percha podrá verse influenciada por la nutrición, variedad y condiciones de cultivo. Se espera que sistemas orgánicos aporten mejor calidad antioxidante y posiblemente mayor vida útil, mientras que los convencionales podrían maximizar la producción.

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

La aplicación de voltaje en el agua influye en la capacidad de intercambio catiónico y la carga microbiana presente del suelo por lo que al combinar esta tecnología con métodos de fertilización que se adapten al sistema de producción se optimiza el equilibrio entre rendimiento, calidad del fruto y sanidad vegetal.

Las variedades de tomate riñón responden de manera diferenciada a las fuentes de nutrición y condiciones del cultivo, por lo que identificar la variedad que más se adapta a la zona y al sistema de producción permitirá garantizar la sostenibilidad y productividad.

El uso de herramientas portátiles como los medidores LAQUAtwin para evaluar nutrientes en la solución del suelo y tejido permitirá implementar un monitoreo rápido y eficiente para la toma de decisiones, además de poder relacionar los valores obtenidos con factores que limiten el desarrollo del cultivo.

El uso de fertilizantes químicos favorece el rendimiento y crecimiento de las plantas ya que los nutrientes están disponibles de manera inmediata a diferencia de los presentes en los abonos orgánicos cuya mineralización es lenta y no suele ser suficiente para el desarrollo de cultivos (Turhan & Özmen, 2021; Usero et al., 2021)

Los fertilizantes mineralizados pueden ser completados con fertilizantes orgánicos para obtener beneficios en nutrición, estimulación de mecanismos de defensa, textura y función biológica del suelo y calidad de los frutos que pueden permitir llegar un esquema de fertilización óptimo (Turhan & Özmen, 2021; (Geng et al., 2022; Castañeda-Saucedo et al., 2024; Cuervo-Parra et al., 2024 ;Li et al., 2025).

La fertilización orgánica puede reducir en primera instancia costos de producción, pero también se puede reducir la rentabilidad (Geng et al., 2022).

La comparación entre sistemas productivos debe entenderse como una oportunidad para diseñar sistemas de producción complementarios que maximicen los beneficios netos.

Recomendaciones:

Investigar el efecto de dosis crecientes tanto de fertilización orgánica como de fertilización química

Evaluar la microbiología del suelo tras cada ciclo del cultivo con cada fuente de nutrientes utilizadas

La selección de enmiendas orgánicas debe basarse en la textura del suelo y los requisitos de nutrientes específicos del cultivo(Li et al., 2025).

5. Referencias

Bénard, C., Gautier, H., Bourgaud, F., Grasselly, D., Navez, B., Caris-Veyrat, C., Weiss, M., & Génard, M. (2009). Effects of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(10).
<https://doi.org/10.1021/jf8036374>

Cabrera Corral, F. J., Bonachela Castaño, S., Fernández Fernández, M. D., Granados García, M. R., & López Hernández, J. C. (2016). Lysimetry methods for monitoring soil solution electrical conductivity and nutrient concentration in greenhouse tomato crops. *Agricultural Water Management*, 178. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.09.024>

Castañeda-Saucedo, M. C., Jiménez-Negrete, C. M., Tapia-Campos, E., Ramírez-Anaya, J. del P., Iniestra-González, J. J., & Córdoba-Albores, L. C. (2024). PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF STEVIA (*Stevia rebaudiana*) WITH CHEMICAL AND ORGANIC FERTILIZATION. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 47(2), 115–124.
<https://doi.org/10.35196/RFM.2024.2.115>

Chen, J., Du, Y., Zhu, W., Pang, X., & Wang, Z. (2022). Effects of organic materials on soil bacterial community structure in long-term continuous cropping of tomato in greenhouse. *Open Life Sciences*, 17(1). <https://doi.org/10.1515/biol-2022-0048>

Chuan, J., Nie, J., Cooper, W. R., Chen, W., Hale, L., & Li, X. (2024). The functional decline of tomato plants infected by *Candidatus Liberibacter solanacearum*: an RNA-seq transcriptomic analysis. *Frontiers in Plant Science*, 15.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1325254>

Cuervo-Parra, J. A., López-Pérez, P. A., Aparicio-Burgos, J. E., Morales-Ovando, M. A., & Romero-Cortes, T. (2024). CHALQUEÑO MAIZE (*Zea mays* L.) YIELD UNDER DIFFERENT FERTILIZATION SCHEMES IN THE MUNICIPALITY OF APAN,

HIDALGO, MEXICO †. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 27(1).

<https://doi.org/10.56369/tsaes.5015>

Dong, G., Zhang, Y., Liang, X., Wang, M., Ye, Q., Xian, X., & Yang, Y. (2022). Resistance characterization of the natural population and resistance mechanism to pyraclostrobin in *Lasiodiplodia theobromae*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 188. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2022.105232>

Dordas, C. (2008). Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. In *Agronomy for Sustainable Development* (Vol. 28, Issue 1). <https://doi.org/10.1051/agro:2007051>

Ehret, D. L., Usher, K., Helmer, T., Block, G., Steinke, D., Frey, B., Kuang, T., & Diarra, M. (2013). Tomato fruit antioxidants in relation to salinity and greenhouse climate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(5). <https://doi.org/10.1021/jf304660d>

Gabriel-Ortega, J. L., Delvalle-García, J., Padilla-Piloso, J., Pincay-Quijije, N., Ayón-Villao, F., Narváez-Campana, W., & González-Vázquez, A. (2020). Innovaciones en la matriz productiva hortícola para reducir el efecto del cambio climático en Puerto la Boca, Jipijapa, Ecuador. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(1). <https://doi.org/10.36610/j.jsars.2020.110100002>

Garcia Terrazas, M. I., Santillán Carrillo, I. E., Holguín Mina, R., & Sariñana Aldaco, O. (2022). Impacto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva en la biomasa, pigmentos fotosintéticos y compuestos nitrogenados en lechuga. *Biotechnia*, 24(3). <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v24i3.1687>

Geng, Y., Bashir, M. A., Zhao, Y., Luo, J., Liu, X., Li, F., Wang, H., Raza, Q. U. A., Rehim, A., Zhang, X., & Liu, H. (2022). Long-Term Fertilizer Reduction in Greenhouse

Tomato-Cucumber Rotation System to Assess N Utilization, Leaching, and Cost Efficiency. *Sustainability (Switzerland)*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/su14084647>

Gupta, N., Debnath, S., Sharma, S., Sharma, P., & Purohit, J. (2017). Role of nutrients in controlling the plant diseases in sustainable agriculture. In *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture* (Vol. 2). https://doi.org/10.1007/978-981-10-5343-6_8

Guzmán-Plazola, R. A., Fajardo-Franco, M. L., & Coffey, M. D. (2011). Control of tomato powdery mildew (*Leveillula taurica*) in the Comarca Lagunera, Coahuila State, Mexico, supported by the spray forecast model Tomato.PM. *Crop Protection*, 30(8). <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.03.004>

Hochmuth, G., & Kinslow, M. P. (2020). Monitoreo de la Savia del Pecíolo de Vegetales. *EDIS*, 2020(4). <https://doi.org/10.32473/edis-hs1368-2020>

Huber, D., Römheld, V., & Weinmann, M. (2011). Relationship between Nutrition, Plant Diseases and Pests. In *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants: Third Edition*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00010-8>

Li, Q., Xu, M., Xu, L., Wu, X., Zhang, Y., Xin, J., Shen, Y., & Gao, J. (2025). Organic Fertilization Leads to N Limitation Rather than P Limitation in Both Vegetable Soils. *Agronomy*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/agronomy15010190>

López, L. M. (2017). Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum Lycopersicum*). In *Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA)*.

Mendoza Macias, C. I., Caballero Vera, M. H., Guaranda Menéndez, K. E., Caballero Vera, J. C., Vera Caballero, C. G., Caballero Vera, H. H., & Intriago Intriago, J. L. (2023). Evaluación de cuatro híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en cultivo protegido en el cantón Santa Ana. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(1). <https://doi.org/10.53287/vtgn8348td44d>

Mendoza-Herrera, A., Levy, J., Harrison, K., Yao, J., Ibanez, F., & Tamborindeguy, C. (2018). Infection by candidatus *liberibacter solanacearum* haplotypes A and B in *solanum lycopersicum* 'Moneymaker.' *Plant Disease*, 102(10). <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-17-1982-RE>

Mogale, J. T., & Maluleke, M. K. (2025). The effect of varying coconut coir substrates and loam soil on the physiology, and biochemical constituents of tomato (*Solanum lycopersicum* var. *esculentum*) grown under greenhouse environment. *Discover Sustainability*, 6(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00933-3>

Moussa, M., Hallaire, V., Michot, D., & Hachicha, M. (2020). Micro- and macrostructure changes of soil under irrigation with electromagnetically treated water. *Soil and Tillage Research*, 203. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104690>

Panno, S., Davino, S., Caruso, A. G., Bertacca, S., Crnogorac, A., Mandić, A., Noris, E., & Matić, S. (2021). A review of the most common and economically important diseases that undermine the cultivation of tomato crop in the mediterranean basin. In *Agronomy* (Vol. 11, Issue 11). <https://doi.org/10.3390/agronomy11112188>

Peralta, M. E., Cedillo, H. A., & Suárez, A. (2021, October). Caracterización tecnológica de productores hortícolas peri-urbanos en tres parroquias del cantón Cuenca, Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 6, No 10, 739–755. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>

Pilla, N., Tranchida-Lombardo, V., Gabrielli, P., Aguzzi, A., Caputo, M., Lucarini, M., Durazzo, A., & Zaccardelli, M. (2023). Effect of Compost Tea in Horticulture. *Horticulturae*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/horticulturae9090984>

Rojas, C. M., Senthil-Kumar, M., Tzin, V., & Mysore, K. S. (2014). Regulation of primary plant metabolism during plant-pathogen interactions and its contribution to plant

defense. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 5, Issue FEB).

<https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00017>

Ruiz, J. M., & Romero, L. (1998). Tomato Genotype in Relation to Nitrogen Utilization and Yield. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10).

<https://doi.org/10.1021/jf9805449>

Rusu, O. R., Mangalagiu, I., Amăriucăi-Mantu, D., Teliban, G. C., Cojocaru, A., Burducea, M., Mihalache, G., Roșca, M., Caruso, G., Sekara, A., & Stoleru, V. (2023). Interaction Effects of Cultivars and Nutrition on Quality and Yield of Tomato. *Horticulturae*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/horticulturae9050541>

Sumedrea, D., Florea, A., & Badulescu, A. (2021). Influence of fertilization on yield and fruit quality of two tomato cultivars grown in greenhouse conditions. *Acta Horticulturae*, 1327. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1327.28>

Sumedrea, D. I., Florea, A., Negru, M., Oprea, M., & Badulescu, A. (2024). The influence of fertilization and irrigation on the quantitative and qualitative performances of tomatoes grown in greenhouses. *Acta Horticulturae*, 1391, 161–170. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2024.1391.22>

Takaki, K., Hayashi, N., Wang, D., & Ohshima, T. (2019). High-voltage technologies for agriculture and food processing. In *Journal of Physics D: Applied Physics* (Vol. 52, Issue 47). <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab2e2d>

Turhan, A., & Özmen, N. (2021). Effects of chemical and organic fertilizer treatments on yield and quality traits of industrial tomato. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 18(2). <https://doi.org/10.33462/jotaf.741367>

Usero, F. M., Armas, C., Morillo, J. A., Gallardo, M., Thompson, R. B., & Pugnaire, F. I. (2021). Effects of soil microbial communities associated to different soil fertilization practices

on tomato growth in intensive greenhouse agriculture. *Applied Soil Ecology*, 162.

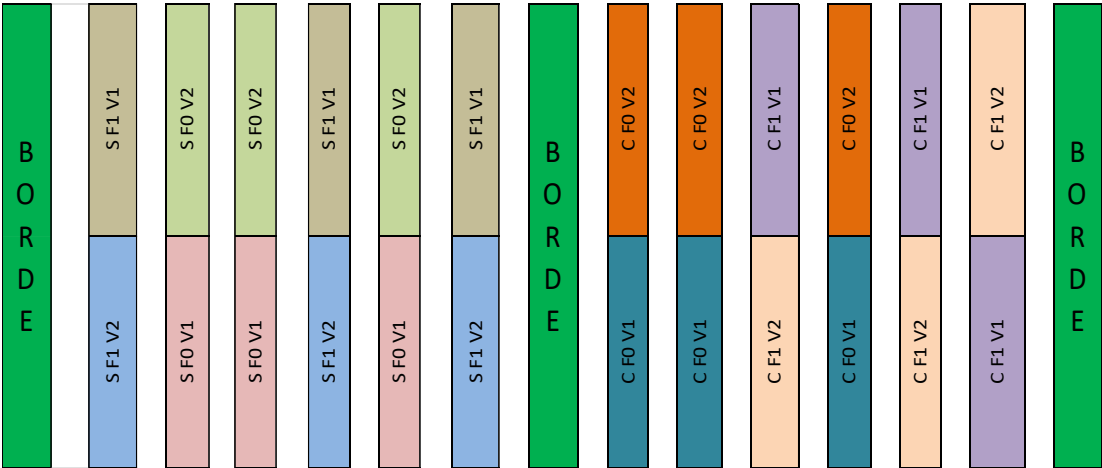
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.103896>

Vallverdú-Queralt, A., Oms-Oliu, G., Odriozola-Serrano, I., Lamuela-Raventos, R. M., Martín-Belloso, O., & Elez-Martínez, P. (2012). Effects of pulsed electric fields on the bioactive compound content and antioxidant capacity of tomato fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(12). <https://doi.org/10.1021/jf205216m>

Vielba-Fernández, A., Polonio, Á., Ruiz-Jiménez, L., de Vicente, A., Pérez-García, A., & Fernández-Ortuño, D. (2020). Fungicide resistance in powdery mildew fungi. In *Microorganisms* (Vol. 8, Issue 9). <https://doi.org/10.3390/microorganisms8091431>

Zheng, Z., Nonomura, T., Appiano, M., Pavan, S., Matsuda, Y., Toyoda, H., Wolters, A. M. A., Visser, R. G. F., & Bai, Y. (2013). Loss of Function in Mlo Orthologs Reduces Susceptibility of Pepper and Tomato to Powdery Mildew Disease Caused by *Leveillula taurica*. *PLoS ONE*, 8(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070723>

6. Anexos:



Anexo 1 Esquema de distribución de los tratamientos



Anexo 2 Plántulas y plantación



Anexo 3 Equipos de medición Laquatwin



Anexo 4 Sintomatología del permanente del tomate



Anexo 5 Sintomatología de oidio



Anexo 6 Plantación de tomate riñón 15 días y 45 días