



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE
RINÓN (*Solanum lycopersicum*) MEDIANTE LA AEROPONÍA
SPRAY Y SEMIHIDROPONÍA BAJO CUBIERTA EN EL CANTÓN
COLTA**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA:

BEATRIZ ISABEL VILLALBA CUADRADO

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE
RINÓN (*Solanum lycopersicum*) MEDIANTE LA AEROPONÍA
SPRAY Y SEMIHIDROPONÍA BAJO CUBIERTA EN EL CANTÓN
COLTA**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA: BEATRIZ ISABEL VILLALBA CUADRADO

DIRECTOR: Ing. ALFONSO LEONEL SUÁREZ TAPIA PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Beatriz Isabel Villalba Cuadrado**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, BEATRIZ ISABEL VILLALBA CUADRADO, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 08 de junio del 2022






Beatriz Isabel Villalba Cuadrado

060471128-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, “**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE RINÓN (*Solanum lycopersicum*) MEDIANTE LA AEROPONÍA SPRAY Y SEMIHIDROPONÍA BAJO CUBIERTA EN EL CANTÓN COLTA**” realizado por la señorita: **BEATRIZ ISABEL VILLALBA CUADRADO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Víctor Alberto Lindao Córdova. PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-06-08
Dr. Alfonso Leonel Suárez Tapia. PhD DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-06-08
Dr. Juan Eduardo León Ruíz. PhD. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-06-08

DEDICATORIA

Esta meta alcanzada fue posible al esfuerzo, sacrificio y perseverancia, con el apoyo incondicional de mis padres Rosa y Pedro, sin duda son los seres más importantes de mi vida ya que con su compromiso, consejos, amor y confianza en mí, he logrado alcanzar uno de mis sueños y forjarme el camino hacia el futuro. A mis abuelitos que me regalaron un consejo cuando lo necesitaba, con sus enseñanzas, sus palabras sabias y el cariño que han demostrado hacia mí. A mis hermanos Miriam, Sonia, Alexis y Juanito, por el cariño y el ánimo que me han brindado durante toda la etapa académica, por ser ese soporte en los momentos difíciles que con sus palabras de aliento me han motivado a seguir adelante venciendo cada obstáculo que se ha presentado en el camino. Por todo esto quiero dedicarles este trabajo, recíbanlo con cariño, así como yo les entrego a ustedes.

Beatriz

AGRADECIMIENTO

Gracias papito Dios por haberme permitido culminar esta etapa de preparación académica.

A mis padres y hermanos por el amor que me han dado, siendo ejemplo de humildad, trabajo, compromiso y responsabilidad ante el accionar de la vida misma.

A mis tías y abuelitos que me regalaron un consejo, gracias por su apoyo moral y orientación espiritual para poder alcanzar lo que me he propuesto.

A mis amigos y amigas quienes han estado cerca de mí cuando más los necesitaba, brindándome su apoyo incondicional, gracias por ser mi segunda familia. A Catherine un profundo agradecimiento que llegue hasta el cielo, por haber sido una amiga inigualable, con sus locuras y sonrisas compartimos momentos inolvidables.

A los ingenieros Alfonso Suarez y Juan León quienes con paciencia y sabiduría me brindaron sus conocimientos, guiándome con su experiencia durante la realización de este trabajo investigativo.

A la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH por la apertura a seguir con mis estudios superiores, y a cada uno mis maestros por los conocimientos brindados en cada una de las etapas de formación profesional.

Beatriz

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Cultivo de tomate riñón.....	4
1.1.1. Taxonomía.....	4
1.1.1.1. Características morfológicas.....	4
1.1.1.2. Fenología del cultivo.....	5
1.1.2. Importancia.....	6
1.1.3. Características y variedades.....	7
1.1.4. Plagas y enfermedades.....	8
1.1.5. Requerimiento nutricional.....	12
1.1.6. Rendimiento y producción de tomate riñón en Ecuador y en Chimborazo.....	15
1.1.7. Categorización del tomate riñón.....	16
1.2. Cultivos aeropónicos y semihidropónicos.....	17
1.2.1. Cultivos hidropónicos.....	17
1.2.1.1. Sustratos: Arena, pomina y cascarilla de arroz.....	18
1.2.2. Aeroponía.....	20
1.2.2.1. Uso de la aeroponía spray.....	21
1.2.3. Calidad del agua.....	21
1.3. Riego.....	23
1.3.1. Programación del riego.....	23
1.3.2. Diseño agronómico e hidráulico.....	24
1.3.3. Automatización del riego.....	25

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO.....	26
2.1.	Características del lugar.....	26
2.1.1.	<i>Localización</i>	<i>26</i>
2.1.2.	<i>Ubicación geográfica</i>	<i>26</i>
2.2.	Materiales y equipos	26
2.2.1.	<i>Material experimental.....</i>	<i>26</i>
2.2.2.	<i>Materiales de oficina.....</i>	<i>26</i>
2.2.3.	<i>Materiales de laboratorio</i>	<i>27</i>
2.2.4.	<i>Materiales de campo</i>	<i>27</i>
2.3.	Metodología.....	27
2.3.1.	<i>Diseño experimental</i>	<i>27</i>
2.3.2.	<i>Factores de estudio</i>	<i>27</i>
2.3.3.	<i>Especificaciones del campo experimental</i>	<i>28</i>
2.3.3.1.	<i>Área de investigación.....</i>	<i>28</i>
2.3.3.2.	<i>Densidad de trasplante</i>	<i>28</i>
2.3.3.3.	<i>Croquis de la distribución de unidades experimentales</i>	<i>29</i>
2.3.3.4.	<i>Esquema del análisis de varianza</i>	<i>29</i>
2.3.3.5.	<i>Análisis funcional</i>	<i>29</i>
2.3.4.	Variables en estudio	30
2.3.4.1.	Calidad del agua	30
2.3.4.2.	Número de frutos por racimo / planta.....	30
2.3.4.3.	Peso del fruto.....	30
2.3.4.4.	Diámetro del fruto	30
2.3.4.5.	Materia seca	30
2.3.4.6.	Rendimiento kg/planta y kg/ha.....	31
2.3.4.7.	Categorización de los frutos	31
2.3.4.8.	Relación beneficio/costo	31
2.4.	Manejo del ensayo.....	31
2.4.1.	Labores pre culturales y culturales.....	31
2.4.1.1.	<i>Control de plagas y enfermedades</i>	<i>32</i>
2.4.1.2.	<i>Cosecha</i>	<i>32</i>

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
-----------	---	-----------

3.1.	Resultados.....	33
3.1.1.	<i>Calidad del agua</i>	33
3.1.2.	<i>Número de frutos por racimo / planta</i>	33
3.1.3.	<i>Diámetro de los frutos</i>	34
3.1.3.1.	<i>Diámetro ecuatorial.....</i>	34
3.1.3.2.	<i>Diámetro polar</i>	34
3.1.4.	<i>Materia seca</i>	35
3.1.5.	<i>Categorización de los frutos.....</i>	35
3.1.5.1.	<i>Primera categoría.....</i>	35
3.1.5.2.	<i>Segunda categoría</i>	35
3.1.5.3.	<i>Tercera categoría</i>	36
3.1.6.	<i>Rendimiento</i>	36
3.1.7.	<i>Análisis de la relación Beneficio / Costo</i>	38
3.2.	Discusiones	39
3.2.1.	<i>Efecto del sustrato en el rendimiento</i>	39
3.2.2.	<i>Relación entre Fertilización foliar en el rendimiento</i>	40
3.2.3.	<i>Variables en relación a la calidad del fruto.....</i>	40
 CONCLUSIONES.....		42
RECOMENDACIONES.....		43
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación taxonómica del tomate.....	4
Tabla 2-1:	Principales plagas del tomate riñón	8
Tabla 3-1:	Principales enfermedades del tomate riñón	10
Tabla 4-1:	Requerimientos nutricionales del tomate para producir una Tn.....	12
Tabla 5-1:	Elemento y su función.....	14
Tabla 6-1:	Calibre de los frutos de acuerdo al peso	16
Tabla 7-1:	Interpretación del nivel de CE del agua.....	22
Tabla 8-1:	Requerimientos nutricionales del tomate usados en campo.....	23
Tabla 1-2:	Ubicación geográfica de la comuna La Primavera	26
Tabla 2-2:	Tipos de sustrato a utilizar en parcela grande.....	27
Tabla 3-2:	Fertilizantes foliares en las sub parcelas.....	28
Tabla 4-2:	Fuentes de variación.....	29
Tabla 1-3:	Análisis de varianza para el número de frutos por racimo / planta	33
Tabla 2-3:	ANOVA para el porcentaje de materia seca	35
Tabla 3-3:	Peso del fruto de acuerdo a las categorías y tratamientos	36
Tabla 4-3:	Rendimiento en Kg/ planta.....	37
Tabla 5-3:	Rendimiento del tomate riñón hasta el quinto piso de producción	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Croquis de distribución	29
--	----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1:	Etapas fenológicas	6
Gráfico 2-1:	Características del sustrato.....	19
Gráfico 3-1:	Uso de la aeropónica spray	21
Gráfico 1-3:	Cantidad de frutos por racimo y por planta.....	34
Gráfico 2-3:	Rendimiento (Kg/planta) relacionado a los sustratos	37
Gráfico 3-3:	Relación Beneficio / Costo	38

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO
- ANEXO B:** PRESUPUESTO TOTAL DE LA INVESTIGACIÓN
- ANEXO C:** ADEVA PARA DIÁMETRO ECUATORIAL DE LOS FRUTOS
- ANEXO D:** ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL DIÁMETRO POLAR DE LOS FRUTOS
- ANEXO E:** ANOVA PARA LA PRIMERA CATEGORÍA DE FRUTOS.
- ANEXO F:** ANÁLISIS ANOVA PARA LA SEGUNDA CATEGORÍA.
- ANEXO G:** ANÁLISIS ANOVA PARA LA TERCERA CATEGORÍA.
- ANEXO H:** RENDIMIENTO EN KG POR PLANTA
- ANEXO I:** GRÁFICO DE RENDIMIENTO EN KG/HA RELACIONADO A LOS SUSTRATOS Y FERTILIZACIÓN FOLIAR
- ANEXO J:** TABLA DE LA RELACIÓN BENEFICIO - COSTO
- ANEXO K:** TABLA DE LA RELACIÓN BENEFICIO - COSTO PROYECTADA A UNA HECTÁREA
- ANEXO L:** GRÁFICA DE LA RELACIÓN BENEFICIO – COSTO PROYECTADO A UNA HECTÁREA.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el rendimiento y calidad del tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) mediante la aeroponía spray y semi hidropónico bajo cubierta en el cantón Colta. La investigación estuvo conformada por nueve tratamientos y tres repeticiones; cada unidad experimental con un área de 2.79 m² en los sistemas semihidropónicos (arena + pomina y cascarilla de arroz) y aeropónico spray, con una aplicación de fertilización foliar a partir de la floración (Testigo, Bayfolán y Biotrac); las variables evaluadas fueron: calidad del agua antes de la implementación de la investigación, número de frutos por racimo, peso del fruto, diámetro del fruto, materia seca, rendimiento, categorización de los frutos y la relación beneficio – costo; los datos obtenidos se analizaron bajo un diseño de bloques en parcelas divididas, donde la parcela grande fueron los sustratos y el sistema aeropónico y la parcela pequeña fueron las aplicaciones foliares. Los resultados de las variables determinan que el sistema semihidropónicos con sustrato de arena + pomina se obtuvo un mejor rendimiento de 58.5 t/ ha, mientras que el tratamiento que presentó menor rendimiento fue el del sistema aeropónico con 43.0 t/ha, al analizar las variables para calidad de frutos en donde se alcanzó frutos tanto para primera y segunda categoría en los sistemas semihidropónicos. Concluyendo el tomate riñón al cultivarlo en sistemas semihidropónicos alcanza mejor rendimiento que el aeropónico. Se recomienda realizar ensayos en los que se optimice las frecuencias y tiempos de riego.

Palabras clave: <SISTEMAS SEMIHIDROPÓNICOS>, <AEROPONÍA SPRAY>, <FERTILIZACIÓN FOLIAR>, <FERTIRRIEGO>, <TOMATE RIÑÓN>.


D.B.R.A.I.
Ing. Cristhian Castillo

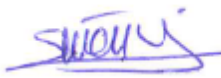
1488-DBRA-UTP-2022



ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the yield and quality of riñón tomato (*Solanum lycopersicum*) using aeroponic spray and semi-hydroponics undercover in the Colta canton. The research work consisted of nine treatments and three replications: each experimental unit with an area of 2.79 m² in the semi-hydroponic systems (sand + pomina and rice husk), and aeroponic spray, with a foliar fertilization application starting at flowering (Control, Bayfolan, and Biotrac). The variables evaluated were water quality before the implementation of the research, number of fruits per bunch, fruit weight, fruit diameter, dry matter, yield, fruit categorization, and the benefit-cost ratio. The data obtained were analyzed under a split-plot block design, where the large plot was the substrates and the aeroponic system, and the small plot was the foliar applications. The results of the variables determine that the semi-hydroponic system with sand + pomina substrate obtained a better yield of 58.5 t/ha. While the treatment that presented the lowest yield was the aeroponic system with 43.0 t/ha when analyzing the variables for fruit quality, where fruits were reached, for both the first and second categories in the semi-hydroponic systems. It was concluded that riñón tomato, when grown in semi-hydroponic systems, achieves better yields than in aeroponics. It is recommended to carry out trials in which irrigation frequencies and times are optimized.

Keywords: <SEMI-HYDROPONIC SYSTEMS>, <AEROPONIC SPRAY>, <FOLIAR FERTILIZATION>, <FERTIGATION>, <RIÑÓN TOMATO>.



Silvana Patricia Célleri Quinde

C.C. 0602669830

INTRODUCCIÓN

El tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) es una de las hortalizas de mayor importancia tanto a nivel nacional como internacional, debido a diferentes aspectos: su gran cantidad de consumo, la superficie cosechada y el costo de producción (ESCOBAR & LEE, 2009. pp. 15). En los últimos años se ha incrementado la producción de tomate tanto a campo abierto como en invernaderos, este último ocupa los primeros lugares en producción de hortalizas ya que permite realizar ensayos académicos utilizando nuevas tecnologías y facilitando el manejo y control de plagas y enfermedades ya que se puede controlar las condiciones en las que se desea implementar los cultivos.

INEC, 2002, citado por (AUSAY, 2015. pp. 4) menciona que, en el Ecuador, la producción de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) ocupa el cuarto lugar en la jerarquía del área cultivada dentro del cultivo de hortalizas con 3333 hectáreas, con una producción total de 61426 toneladas métricas y un promedio de 18,4 t/ha.

La producción agrícola en nuestro país es de gran importancia económica para el desarrollo del Ecuador, esta actividad ha ido creciendo progresivamente a partir de la década de los 90 a que la población ha cambiado su alimentación hacia el consumo de hortalizas ricas en nutrientes (GUANOCHANGA & BETANCOURTH, 2010. pp. 18). Chimborazo es una de las provincias con mayor producción de hortalizas en Ecuador, pese a que sus suelos han sufrido deterioros que se evidencian en mayor magnitud con el paso del tiempo han optado por buscar otras opciones la producción de especies hortícolas siendo estas bajo sistemas hidropónicos y aeropónicos.

Debido a la ubicación geográfica de la parroquia Juan de Velasco, cantón Colta se puede cultivar gran cantidad de productos agrícolas, que permite solventar las necesidades alimenticias de la parroquia y del cantón, por lo tanto, sus diferentes pisos climáticos permiten la adaptación y desarrollo de especies agrícolas en las diferentes comunas; en la comuna La Primavera, se cultivan productos tales como fréjol, arveja, maíz, trigo, papas, zapallo, entre otros.

La degradación de los suelos en el cantón ocasiona pérdidas en la producción agrícola, razón por la cual se plantea esta investigación en la que se propone alcanzar una producción mayor de hortalizas de consumo diario, tomando en cuenta que la producción mediante sistemas semi hidropónicos y aeropónicos permitirá un correcto desarrollo del tomate riñón mediante fertirriego de tal manera que se provee alcanzar un mayor rendimiento en cuanto a la producción evitando contaminar el medio ambiente.

La producción de tomate riñón bajo sistemas controlados es una de las alternativas a las que se puede acceder en la actual de tal manera que se pueda manipular las cantidades de fertilizantes que se considere necesarias para alcanzar altos rendimientos y de esta manera obtener ganancias para el agricultor.

Importancia

El tomate riñón es uno de los cultivos de mayor producción a nivel de la provincia ya forma parte de la canasta familiar básica de la población, por otro lado, la producción de este tipo de plantas bajo cubierta brinda un mejor rendimiento y más si se trata de cultivos a los que se les ha aplicado nuevas tecnologías como es el caso de la automatización de los sistemas de riego, la producción de plantas bajo sistemas semi hidropónicos o aeropónicos.

Problema

La producción agrícola en la parroquia Juan de Velazco, comuna La Primavera se ve restringida debido a la erosión de los suelos provocando una disminución en el rendimiento de los cultivos por esta razón la implementación de cultivos semi hidropónicos mediante aeroponía y sustratos bajo cubierta es una de las alternativas de producción.

Justificación

La forma más apta de alcanzar buenos rendimientos y calidad de frutos en tomate riñón es mantener una planta sana, con nutrición y riegos controlados, por tal razón es importante la implementación de un sistema aeropónico y semi hidropónico en distintos sustratos para que la planta sea monitoreada constantemente controlando la humedad y requerimientos nutricionales del cultivo (ESCOBAR & LEE, 2009. pp. 15).

Borja, 2012 citado por (Jaramillo, 2015) menciona que la producción de tomate de mesa bajo invernadero es utilizada para controlar y cuidar al cultivo de condiciones climáticas extremas y brindar un ambiente adecuado para el correcto desarrollo del cultivo. Las hortalizas que se plantan bajo invernadero se pueden producir durante todo el año y obtener productos de mejor calidad que a campo abierto, ya que se puede controlar el ambiente en el que crecen los cultivos, evitando el ataque de plagas y enfermedades que puedan dañar al cultivo.

Por tal razón se ha planteado el tema de evaluación del rendimiento y calidad del tomate riñón mediante aeroponía y semi hidroponía bajo cubierta, para determinar cuál de los sustratos a utilizar en los distintos tratamientos nos generará mayor rendimiento y calidad de los frutos.

Objetivos de la investigación

Objetivo General

- Evaluar el rendimiento y calidad del tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) mediante la aeroponía spray y semi hidropónico bajo cubierta en el cantón Colta

Objetivos Específicos

- Evaluar el rendimiento del tomate riñón producidos en los diferentes tratamientos
- Identificar las principales características físicas y categorización del tomate riñón
- Realizar el análisis económico de los tratamientos

Hipótesis

Hipótesis nula

El uso de la aeroponía spray, arena + pomina y cascarilla de arroz no influye en el rendimiento y calidad del cultivo de tomate riñón bajo invernadero.

Hipótesis alternativa

El uso de la aeroponía spray, arena + pomina y cascarilla de arroz influyen en el rendimiento y calidad del cultivo de tomate riñón bajo invernadero.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Cultivo de tomate riñón

1.1.1. Taxonomía

El tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las Solanáceas. Según Hunzinker (1979), la taxonomía aceptada, es:

Tabla 1-1: Clasificación taxonómica del tomate.

Reino	Plantae
Filum	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Familia	Solanaceae
Orden	Solanales
Género	<i>Solanum</i>
Especie	<i>S. lycopersicum</i>

Fuente: (García, 2017), pág. 20.

1.1.1.1. Características morfológicas

El tomate es una planta perenne cuyo tamaño es arbustivo y se cultiva como producto anual. Su desarrollo puede ser de forma rastrera, semierecta o erecta, dependiendo de la variedad y técnica que se aplique. Posee una raíz principal (corta y débil) y un sinnúmero de raíces secundarias, además, cuenta con raíces adventicias y pelos absorbentes los cuales permiten a la planta absorber agua y nutrientes que son transportados por los diferentes vasos hacia toda la planta (InfoAgro, 2001).

El tallo al inicio de su desarrollo es erguido y con el tiempo se vuelve rastrero, presenta vellosidades a lo largo del mismo, este tallo, muchos de esos vellos proporcionan a la planta de un olor propio de la especie. Sobre el tallo principal del tomate se desarrollan tallos secundarios y estos están formados por hojas compuestas, y posteriormente del tallo se desprenden las flores (Dascón, 2018). Sus hojas compuestas e imparipinnadas comúnmente poseen de 7-9 folíolos peciolados, con el borde dentado y cubiertos de pequeños pelos secretores, sus hojas se sitúan de forma alterna en el tallo (InfoAgro, 2001).

Su floración es originada en forma de racimos situados en diferentes pisos. En cada inflorescencia llega a tener entre 3 y 10 flores. Este tipo de plantas presenta polinización autógena. El tomate riñón presenta un fruto en forma de baya globosa de coloración rojiza cuando llega a su madurez. En el interior de la baya se distinguen los lóculos carpelares. El tamaño de los frutos es variable, cuyo tamaño va desde 3 cm de diámetro hasta 16 cm, dependiendo de la variedad. Las semillas son pequeñas, en forma de discos y presentan un color gris. La capacidad germinativa de las semillas de tomate esta entre 4 o 5 años (Dascón, 2018).

1.1.1.2. Fenología del cultivo

CATIE, 1990 y Pérez et al, 2002 citados por (Silva, 2015) explican que la fenología de un cultivo son cada una de las etapas de vida del mismo desde la germinación hasta la senescencia de la planta. Dependiendo de la etapa fenológica de la planta existen las deficiencias nutricionales, la exigencia hídrica del cultivo, la susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades, por lo que es necesario identificar cada etapa y brindar la nutrición necesaria para un correcto desarrollo vegetativo del tomate.

(CATIE, 1990) & (Pérez, y otros, 2002), coinciden que, existen cuatro etapas fenológicas bien diferenciadas en el ciclo de vida del tomate, las mismas que se detallan a continuación:

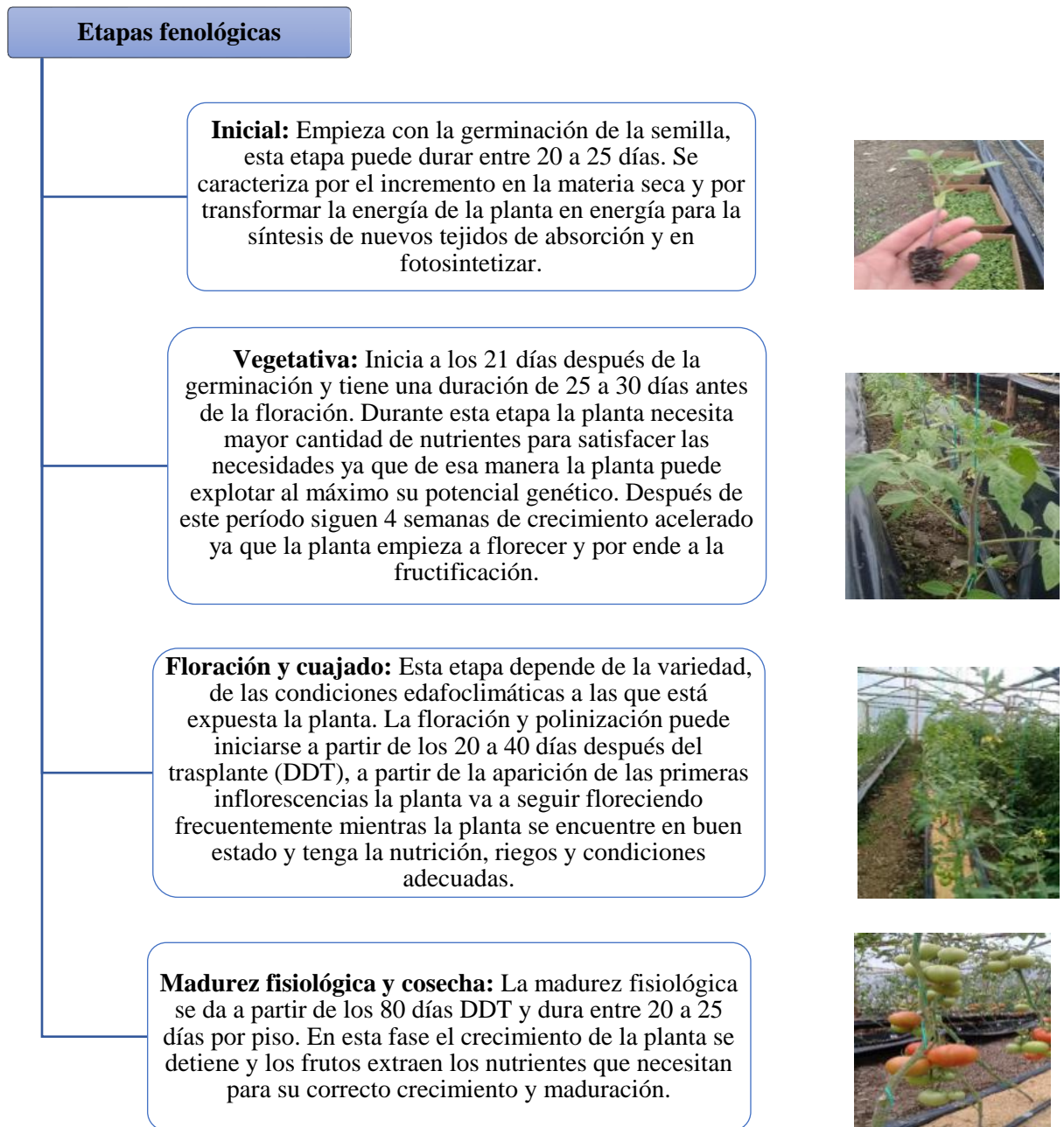


Gráfico 1-1: Etapas fenológicas

Fuente: (Silva, 2015), pág. 22

Realizado por: Villalba, 2022.

1.1.2. *Importancia*

El cultivo de tomate riñón en Ecuador es un producto de gran importancia ya que forma parte primordial de la canasta básica familiar, por otro lado, es una de las plantas que se cultivan dentro de invernaderos como a campo abierto.

Suquilanda, 2003 citado por (Ausay, 2015), menciona que la importancia social de este producto está vinculado a los altos costos de mano de obra por lo que la mayoría de agricultores han optado por utilizar la mano de obra familiar con la finalidad de abaratar costos de producción y obtener un ahorro económico por parte del agricultor.

1.1.3. Características y variedades

“En el mundo hay 44 variedades para consumo del fruto fresco y 24 para la industria. En el Ecuador ocho cultivan en mayor cantidad: Fortuna, Sheila, Charleston, Titán, Pietro, Fortaleza, Cherry y Chonto” (Varela, 2018).

- a. Fortaleza: Esta variedad es excelente para cultivar bajo invernadero. Puede producir en zonas frías y con poca luminosidad. Presenta un color brillante y buena firmeza. Se cultiva especialmente en los valles de la serranía.
- b. Fortuna: La característica más importante de esta variedad es el tiempo de producción, debido que a los 3 meses después del trasplante ya empieza a producir y es una variedad que se cultiva principalmente en invernadero. Su fruto puede pesar entre 240 - 260 gramos. Tiene buena firmeza y dura hasta un mes en la percha (Varela, 2018).
- c. Cherry: Su fruto es pequeño y su tamaño se encuentra entre 1 a 3cm, presenta un color rojo intenso y brillante. La superficie de producción es menor respecto a otras variedades ya que se establece principalmente en climas tropicales. Los frutos son dulces debido a su alto contenido de azúcar y vitamina C (Déleg, y otros, 2015).
- d. Chonto: Su fruto pesa entre 120 y 180 gramos, además presenta una consistencia duradera por lo que es utilizado para envíos a lugares distantes (Varela, 2018).
- e. Pietro: Es una de las variedades que presentan mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades, además, su vida productiva es mayor, sus racimos pueden producir hasta 7 frutos los mismos que pueden pesar entre 230 y 250 gramos. Por otro, lado poseen buena firmeza en la percha (Varela, 2018).
- f. Charleston: Este híbrido tiene una vida productiva duradera. Empieza su cosecha a partir de los 3 meses después del trasplante, sus frutos son de excelente sabor y gran firmeza. Se puede cultivar en climas cálidos y templados (Varela, 2018).
- g. Titán: Esta variedad se adapta tanto a campo abierto como bajo invernadero. Sus frutos pueden pesar entre 200 y 240 gramos, poseen una textura firme, de gran resistencia, son de colores brillantes y presentan gran tamaño (Varela, 2018).
- h. Sheila: Esta variedad se puede cultivar tanto a campo abierto como bajo invernadero. Sus plantas suelen ser vigorosas y con alta productividad, son plantas resistentes al ataque de

enfermedades. Sus frutos son de forma esférica, el peso del fruto es de 165 gramos y su tamaño llega a ser de 5 a 6 centímetros. Presentan excelente firmeza (Déleg, y otros, 2015).

- i. Taconazo: Esta variedad es utilizada para la elaboración de tomates de conserva. Sus frutos son pequeños en forma de pera, posee gran cantidad de pulpa, además su sabor es agradable (Déleg, y otros, 2015).
- j. Dominique FA-593: Este híbrido presenta un crecimiento indeterminado y se caracteriza por su alta productividad y por ser resistente al ataque de enfermedades. Se adapta a distintas condiciones de cultivo. Su fruto presenta un peso entre 130 a 200 gramos, es una de las variedades que presentan mayor firmeza en su fruto el cual puede ser transportado a lugares distantes (Déleg, y otros, 2015).
- k. Daniela HA -144: Este híbrido se adapta tanto en invernadero como a campo abierto, presenta crecimiento indeterminado. Sus frutos son de excelente calidad y gran rendimiento; su forma es redonda y su peso está entre 180 – 200g, con un color rojo intenso (Rivera, 2014).

1.1.4. Plagas y enfermedades

1.1.4.1. Principales plagas del tomate riñón

Tabla 2-1: Principales plagas del tomate riñón

Nombre común	Nombre científico	Daño	Control
Mosca blanca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Los daños son producidos por larvas y adultos cuando absorben la savia de la planta. Por otro lado, la aparición de manchas negras aceitosas por la gran cantidad mielecilla que produce la plaga favorece el desarrollo de fumagina en hojas y frutos, lo que impide la transpiración y ocasiona la muerte de la planta.	<u>Control cultural.</u> Realizar aplicaciones foliares con una solución a base de jabón prieto (1lb/200L de agua) <u>Control químico:</u> Bifentrin, Alfacipermetrin, endosulfan + metomilo
Gusano trozador	<i>Agrotis sp</i>	De actividad nocturna. Las larvas se alimentan del cuello y raíces de las plantas, principalmente después del trasplante.	<u>Control cultural:</u> Eliminación de terrones y malezas que sirvan para camuflar al insecto. Utilizar plantas con propiedades para eliminar insectos.

Nombre común	Nombre científico	Daño	Control
			<u>Control químico:</u> Como materias activas a utilizar durante el cultivo. metiocarb, tricolorfon, etc.
Minador y enrollador de la hoja	<i>Liriomyza trifolii</i>	Las larvas se desarrollan en el interior de las hojas y se alimentan del parénquima, dibujando unas galerías, las larvas atacan tanto a las hojas como a los brotes jóvenes, racimos florales y en ocasiones a los frutos pequeños.	<u>Control cultural:</u> Su puede utilizar trampas de luz azul, colocando agua con jabón debajo. <u>Control químico:</u> Realizar aplicaciones de Appaud, Evisect, Padan.
Polilla	<i>Symmetrischema plaesiosema</i>	Las larvas se alimentan de la corteza del tallo y hojas dejado un sin número de galerías que impiden el paso de la savia al resto de la planta.	<u>Control cultural:</u> Eliminar plantas atacadas. Colocar trampas de ferohormonas. Se puede tratar al cultivo con <i>Bacillus thurigiensis</i> . <u>Control químico:</u> Aplicar Karate u Orthene para el control de adultos.
Pulgón	<i>Aphis sp</i>	Se los puede encontrar en los brotes tiernos de las plántulas, succionan la savia de las plantas y por lo general son transmisores de virus	<u>Control cultural:</u> Aplicar agua con jabón o detergente <u>Control químico:</u> Tratar las plantas con insecticida (Karate, Lorsban).
Ácaros	<i>Aculops lycopersici</i>	Hincan los estiletes y absorben la savia de la planta, atacan principalmente a tallos, hojas y frutos.	<u>Control cultural:</u> Se debe realizar aspersiones foliares con insecticida a base de jabón prieto (300gr/20L de agua) <u>Control químico:</u> Realizar aplicaciones de azufre micronizado, Eudosulfan y Mitigan.
Palomilla	<i>Tuta absoluta</i>	Cuando se encuentra en estadio larval causa daños en hojas y tallos terminales. Puede ocasionar una pérdida total en el rendimiento del cultivo	<u>Control químico:</u> Para evitar daños de defoliación de las plantas de tomate, se puede aplicar Safran (100cc/100L), Azatin (150cc/100L) y Turex (1,5 kg/ha) en función de la incidencia de las plagas detectadas.

Nombre común	Nombre científico	Daño	Control
			Se recomienda realizar dos tratamientos en intervalos 7 a 10 días.

Fuente: (AAIC, 2003), pág. 27

Realizado por: Villalba, 2022

1.1.4.2. Principales enfermedades del cultivo de tomate riñón

Para que exista alguna enfermedad en el cultivo es preciso que existan simultáneamente tres factores principales: el hospedero susceptible, el medio ambiente propicio y un agente causal (bacterias, hongos, nematodos y virus). Si uno de estos factores no exista no se podrá desarrollar ninguna enfermedad.

Las enfermedades que puedan afectar al cultivo del tomate deben ser manejadas de manera que se minimice los efectos dañinos que éstas tienen sobre el cultivo, evitando la contaminación ambiental al aplicar insecticidas y fungicidas sintéticos y minimizar los costos de control de tal manera que no afecten la fertilidad del cultivo (Sepúlveda, 2017).

Tabla 3-1: Principales enfermedades del tomate riñón

Nombre vulgar	Nombre científico	Daño	Control
Pudrición gris	<i>Botrytis cinérea</i>	Causan lesiones acuosas y necróticas en el tallo, flores y frutos. Ataca al cultivo desde el trasplante hasta cuándo se encuentra en producción.	<u>Control cultural:</u> Reducir la humedad en los cultivos. Iluminación y ventilación adecuada. Eliminar plantas enfermas y depositarlos alejados del invernadero. Reducir fertilización nitrogenada. Aportar calcio y zinc al cultivo mediante fertirriego. <u>Control químico:</u> Mediante la aplicación de: Clorotalonil, Thiram, Captam, los bencimidazoles (Benomilo, Carbendazim), los tiofanatos (Novak), etc.
Tizón temprano	<i>Alternaria solani</i>	Causa lesiones circulares de coloración café a negro en hojas maduras, dichas lesiones pueden estar rodeadas de un halo clorótico.	<u>Control cultural:</u> Rotación de cultivos. Eliminar restos de cultivo enfermo. Utilizar variedades resistentes.

Nombre vulgar	Nombre científico	Daño	Control
		<p>Las lesiones se observan en tallos, pecíolos y pedúnculos.</p> <p>En infecciones extremas por este hongo el cultivo tiende a defoliarse y los frutos quedan expuestos a daños por el sol, lo que puede causar manchas, lo que conlleva a la caída del fruto.</p>	<p><u>Control químico:</u> Utilizar fungicidas que contengan los siguientes ingredientes activos: Azoxystrobin, Clorotalonil, Iprodione, Mancozeb, Fluopiram.</p>
Cenicilla	<i>Oidioum sp.</i>	<p>El principal síntoma es que presenta manchas irregulares de color amarillento, con las hojas necrosadas parcialmente las cuales pueden estar cubiertas con micelio de color blanco y se puede extender por toda la hoja, tallos y peciolos.</p> <p>Cuando existe una incidencia en mayor magnitud existe una necrosis y defoliación de la planta ya que el hongo le cubre por completo, provocando pérdidas en el rendimiento y disminución del crecimiento del cultivo.</p>	<p><u>Control cultural:</u> Se elimina restos de tomate y malezas enfermas para evitar posibles contagios con otras plantas. Realizar podas de hojas bajas para obtener mejor aeración y ventilación del cultivo.</p> <p><u>Control químico:</u> Realizar aplicaciones con fungicidas a base de azufre tales como: Azoxystrobin, Miclobutanilo, Triadimefon, Penconazol, etc</p>
Cancro bacteriano del tomate	<i>Clavibacter michiganensis</i>	<p>Se puede presentar marchitez en los folíolos y puede atacar en cualquier etapa de desarrollo de la planta. Esta enfermedad puede aparecer en forma unilateral en las hojas, cuando ataca en órganos basales tienden a enrollarse hacia arriba y posteriormente se secan, pero no se desprenden del tallo. También se observa necrosis interna de coloración amarillenta a café, que se agrietan y forman canchales.</p>	<p><u>Control cultural:</u> Rotación de cultivos. Control de malezas que puedan servir como hospederos de la enfermedad. Eliminación de plantas enfermas. Aplicaciones foliares a base de cobre (oxicloruro, óxido cuproso, sulfato de cobre), hasta antes de floración.</p>
Tizón tardío	<i>Phytophthora infestans</i>	<p>Manchas aceitosas en las hojas, tienden a desecarse en el centro y se decoloran en el contorno.</p>	<p><u>Control cultural:</u> Buena aireación del invernadero. Se debe eliminar hojas y plantas enfermas.</p>

Nombre vulgar	Nombre científico	Daño	Control
		En el fruto aparecen manchas pardas pintadas y hundidas, en los frutos pequeños aparece un polvillo blanquecino que lo cubre.	<u>Control químico:</u> Realizar aplicaciones de fungicidas como Propineb, Mancozeb y Clorotalonil. Cuando existe mayor incidencia de la enfermedad realizar aplicaciones de fungicidas sintéticos.

Fuente: (Sepúlveda, 2017) , pág. 30

Realizado por: Villalba. B, 2022.

1.1.5. *Requerimiento nutricional*

“El tomate, como cualquier planta, requiere de elementos nutritivos esenciales, que no deben faltar para el funcionamiento fisiológico y el desarrollo completo del ciclo vegetativo.”, lo expresa (Martínez, y otros, 2017). Por lado, es necesario realizar un análisis químico tanto del agua como del suelo para saber con qué cantidad de nutrientes aportan cada uno para posteriormente realizar analizar una interpretación y conocer cuáles son los nutrientes que se debe aplicar al cultivo evitando que exista una toxicidad o deficiencia de los mismos de tal manera que la planta reciba los nutrientes en sus cantidades adecuadas durante cada una de sus etapas fisiológicas. (Cacoango, 2018).

La planta de tomate riñón es muy exigente en lo que se refieren nutrientes por lo que es necesario proporcionar las cantidades elevadas de macro y micro nutrientes para explotar al máximo su potencial genético del cultivo (AAIC, 2003). Por ejemplo, para alcanzar un rendimiento de 30 kg /m² se necesita entre 10 a 25 kg de fertilizante químico por hectárea cada día en la etapa de desarrollo y para la etapa de producción dichos valores incrementan a 25 y 35 kg / ha al día. Por lo tanto, muchos autores han investigado sobre este tema y a través de sus resultados se ha determinado una tabla de resumen de las extracciones nutricionales del tomate, lo explica Padilla, 2008, citado por (Silva, 2015).

Tabla 4-1: Requerimientos nutricionales del tomate para producir una Tn

Nutriente	Cantidad (Kg)
Nitrógeno	2.1-3.8
Fósforo	0.3-0.7
Potasio	4.4-7.0
Calcio	1.2-3.2
Magnesio	0.3-1.1

Fuente: (INTAGRI, 2017), p. 31.

Dependiendo de que variedad se vaya a cultivar, el tipo de manejo que se dé al mismo y las demandas nutricionales; el cultivo necesita los siguientes requerimientos nutricionales expresados en kg/ha: N (150), P (200), K (275), Ca (150), Mg (25) y S (22) (Pérez, y otros, 2002).

Dentro de los fertilizantes que se utilizó en el trabajo investigativo se encuentran:

- Kristalon Especial (18-18-18): Fertilizante de uso general que aporta NPK en concentraciones de 18% de Nitrógeno, 18% Fósforo, 18% de Potasio además de aportar Magnesio 3% y Azufre 2 % con micronutrientes algunos de ellos en forma quelatada como EDTA.
- Yara Kristalon (13-40-13): es un fertilizante completo que aporta NPK altamente soluble, utilizado principalmente para fertirriego, este fertilizante aporta 13% de Nitrógeno, 40% de fósforo, 13% de potasio, además aporta niveles equilibrados de micronutrientes algunos de ellos en forma quelatada como EDTA.
- Sulfato de Magnesio técnico: Esta fuente me aporta Magnesio (MgO) 16% y Azufre (S) 13%.
- Nitrato de Potasio: Me aporta Nitrógeno total (N) 13 % y Potasio (K₂O) 46 % fertilizante soluble importante para el crecimiento de los cultivos y el llenado de los frutos.
- Yara Liva CALCINIT: Es un fertilizante altamente soluble libre de cera e impurezas. Su composición química es de 15.5 % de Nitrógeno y 26.5 % de Calcio (CaO).
- KELATEX de Hierro y Manganeseo: Esta fuente aporta un 9% de Hierro y 9% de Manganeseo en forma quelatada EDTA.
- Fosfato mono potásico: Esta fuente aporta 52% de fósforo y 34% de potasio.

A partir de la etapa de floración a más del fertirriego se aplicó fertilización foliar siendo las fuentes que se utilizaron las siguientes:

- Bayfolán: Fertilizante foliar que aportan nutrición completa, que aportan nutrientes como nitrógeno 9%, fósforo 9%, potasio 7% y micronutrientes tales como hierro 0.190 g/L, cobre 0.081 g/L, molibdeno 0.010g/L, zinc 0.060 g/L, boro 0.101 g/L, cobalto 0.004 g/L y manganeseo 0.160 g/L, además de aportar vitamina B1 y hormonas de crecimiento. Aplicado 900cm³/200L de agua, realizadas 3 aplicaciones cada 10 días.
- Yara Vita Biotrac: formulación foliar que aporta al cultivo nutrientes como nitrógeno 65g/L, potasio 27 g/L, boro 13 g/L y zinc 13 g/L, aplicado en 3 aplicaciones cada 10 días en dosis de 3L/ha/200L de agua.

La fertilización foliar es una forma de administrar nutrientes de manera complementaria al cultivo ya que una fertilización edáfica es la primordial para alimentar a la planta (Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos, 1999).

Tabla 5-1: Elemento y su función

Elemento	Función
Nitrógeno (N)	<p>La planta absorbe este elemento en forma de nitratos (NO_3^-) y de amonio (NH_4^+). Elemento que forma parte de los aminoácidos y de las proteínas y forma parte de la estructura de la clorofila, así como de los ácidos nucleicos, siendo parte de las bases nitrogenadas, por tal razón es uno de los elementos de mayor importancia. El nitrógeno es el elemento de mayor deficiencia ya que la planta necesita en mayor cantidad, por esta razón es el que mayor cantidad se debe aportar como fertilizantes. La deficiencia de nitrógeno se observa cuando el cultivo presenta clorosis general en hojas bajas o maduras ya que no existe movimiento del mismo en la planta. De lo contrario, si existe exceso del elemento en la planta se observa tallos y hojas muy suculentas (Silva, 2015).</p>
Fósforo (P)	<p>El fósforo se encuentra como H_2PO_4^- se encuentra disponible en suelos con pH bajos o HPO_4^{2-}, se encuentra en suelos con pH altos. Forma parte de las enzimas y proteínas, es el elemento más esencial de los ácidos nucleicos e importante en la estructura de adenosín-tri-fosfato (ATP), es utilizado para generar energía en el proceso fisiológico de las plantas. En condiciones de deficiencias de fósforo la planta detiene su crecimiento o es más lento, además, los tejidos de las hojas se vuelven de color púrpura o morado. En condiciones de exceso del elemento suele haber deficiencia de Zn, Fe o Mn, y puede impedir con la absorción de Ca (Silva, 2015).</p>
Potasio (K)	<p>El potasio es absorbido de la solución del suelo en forma de K^+. Dentro de la planta el ion potasio cumple funciones importantes como son: activador de enzimas, regulador de la presión osmótica, activador de ATP, absorción de N e influye en la calidad de frutos. En condiciones de deficiencia de potasio se observan síntomas como un amarillamiento de los ápices y márgenes foliares (Silva, 2015).</p> <p>Niveles excesivos de potasio pueden ocasionar antagonismos que provocan la deficiencia de otros nutrientes como el magnesio o el calcio, un exceso de potasio en la fertilización puede afectar de manera negativa en los contenidos de Ca en la fruta, ocasionando complicaciones en postcosecha (Martínez, y otros, 2017).</p>
Calcio (Ca)	<p>El calcio es absorbido en forma de ion Ca^{2+}. Forma parte de la pared celular y se encuentra implicado en la permeabilidad de las membranas celulares y en la tolerancia a agentes patógenos. En condiciones de pH bajo se detiene la absorción del elemento (Silva, 2015).</p> <p>Está involucrado directamente en el crecimiento de las raíces y en la calidad de los frutos. Los principales síntomas de deficiencia de este elemento se manifiestan principalmente en como en tomate es el desorden nutricional conocido como pudrición apical (INTAGRI, 2018).</p>
Magnesio (Mg)	<p>Se encuentra en el suelo en forma de Mg^{2+}. Es el componente esencial de la clorofila. Su deficiencia se la detecta en hojas viejas mediante un cambio en su color a un amarillento con clorosis intervenal, y nervaduras verdes en el tejido foliar. Cuando existe gran cantidad este elemento compite con el calcio y el potasio para ser absorbido por la planta, pudiendo causar deficiencia de ellos (Silva, 2015).</p>

Realizado por: Villalba, 2022.

1.1.6. Rendimiento y producción de tomate riñón en Ecuador y en Chimborazo

1.1.6.1. Cultivo de tomate riñón en Ecuador

Cultivar tomate riñón en Ecuador es una de las actividades más representativas ya que la se puede adaptar a cualquier condición ya que se puede producir a nivel del mar o a altitudes que superan los 3 200 msnm (en invernaderos) y tipo de suelo, por otro lado, es un cultivo que exige suelos que tengan excelente drenaje y gran cantidad de materia orgánica ya sea que se cultive a campo abierto o bajo invernadero (Déleg, y otros, 2015).

En nuestro país existen aproximadamente unas 3.000 hectáreas de tomate. Su rendimiento es de 61 426 TM/año, según el último Censo Agropecuario del 2000. Las zonas de mayor producción de esta hortaliza se encuentran ubicadas en las provincias de Santa Elena, Azuay, Imbabura y Carchi. (Varela, 2018). Imbabura es la principal provincia productora de tomate riñón, seguida de la provincia del Carchi. De las 3 000 ha destinadas a la producción de esta hortaliza 2 000 son bajo la condición de invernadero. La producción tomatera en la región interandina, a más de las provincias ya mencionadas las provincias Cotopaxi, Chimborazo, Loja son las que abastecen de este producto a la provincia del Guayas (Barreiro, 2015).

(Varela, 2018) explica que “el rendimiento promedio del tomate riñón en los últimos años, a nivel nacional es de 31tm/ha, ya que de acuerdo con la última publicación de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC-2017) realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos – INEC (2017), citado por Varela (2018), se registra una producción de 62.675tm en 1.954 ha de superficie cosechada a nivel nacional, producido en una mayor cantidad en la Región Sierra, en las provincias de Imbabura, Cañar y Chimborazo”

1.1.6.2. Cultivo de tomate riñón en Chimborazo

En la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba específicamente el área cultivada de tomate se ha incrementado en un 30% en el 2019, siendo los cantones de Chambo y Licto quienes invierten en mayor cantidad en la construcción de invernaderos, debido a la estabilidad que existe en los precios de comercialización del tomate, por esta razón los invernaderos utilizados para el cultivo de tomate se han utilizado para sembrar otros productos agrícolas como: babaco o pimiento, y en determinados casos se realiza siembras asociadas con tomate, lechuga, brócoli y coliflor (cuando la planta de tomate aún está pequeña) (BCE, 2019).

En los cantones Alausí y Guano no se ha reportado variación en la producción ni en los costos de comercialización en relación con los demás cantones de la provincia en donde se produce tomate

riñón, mientras que en el cantón Pallatanga esta especie es cultivada a campo abierto y sus costos de producción se incrementan frecuentemente ya que el cartón de tomate cuesta alrededor de USD 8 producirlo siendo las condiciones medioambientales uno de los limitantes de la producción. Es importante saber que la planta de tomate riñón dura 9 meses a campo abierto y empieza su producción a partir del cuarto mes después del trasplante, por tal razón, el período de cosecha alcanzaría los 5 meses (BCE, 2019). Es importante señalar que en este cantón en los últimos años se está incrementando la producción de tomate riñón bajo sistemas de invernadero y en contados lugares aplicando sistemas de fertiirrigación.

En el cantón Colta la producción agrícola está limitada principalmente a los cultivos como papas, maíz, cebada, quinoa y hortalizas como: zanahoria amarilla, cebolla colorada y de rama, remolacha, rábano, brócoli, cilantro, lechuga, col y en menor cantidad el tomate riñón (Salinas, 2008).

1.1.7. Categorización del tomate riñón

Para la comercialización del tomate riñón se debe clasificarlos de acuerdo con su tamaño, estado de madurez y color del fruto, por otro lado, tomando en cuenta su tamaño se separan los más gruesos (primero), los medianos (segundo), los siguientes (tercero) y finalmente los pequeños (cuarto) (AAIC, 2003).

Ausay (2015) explica que para comercializar el tomate riñón se debe separar de acuerdo a categorías relacionadas con su peso, por tal motivo es necesario conocer dichos valores para facilitar su comercialización

Tabla 6-1: Calibre de los frutos de acuerdo al peso

Categorías	Peso del fruto
Primera	> 160 gramos
Segunda	160-100 gramos
Tercera	99-60 gramos
Cuarta	< 60 gramos

Fuente: (Ausay, 2015), pág. 36

1.2. Cultivos aeropónicos y semihidropónicos

1.2.1. Cultivos hidropónicos

La hidroponía se origina de los lugares en donde la necesidad de producir alimentos para la población en donde no tenían suelos fértiles, pero contaban con agua suficiente para producir. (Arcos, 2013). Este término está asociado a un sistema de producción en la que las plantas no están establecidas directamente en el suelo sino en sustratos o sus raíces están sumergidas directamente en el agua junto con las soluciones nutritivas que la planta lo requiera (INTAGRI, 2017).

Dentro de la hidroponía podemos encontrar dos grupos: 1. Cultivos sin sustrato, y 2. Cultivos con sustrato. Los cultivos sin sustrato son aquellos a los que las raíces de la planta se los sumerge directamente a la solución nutritiva en la que están disueltas cada uno de los elementos que este necesite para desarrollarse de la mejor manera. Mientras que los cultivos con sustrato son aquellos cultivos que se utiliza un material inerte como soporte y sirve para anclar sus raíces, generalmente bajo este sistema se utiliza fertirrigación (INTAGRI, 2017).

Los cultivos con sustrato o semihidropónicos está asociado a los sistemas de cultivo de diferentes sustratos como lana de roca, perlita, fibra de coco, etc., desde la antigüedad el concepto está asociado a los sistemas de cultivo donde la planta no se encuentra sujeta a ningún sustrato y las raíces están inmersas directamente en el agua (Cervantes, 2012).

Bastida, 2012, citado por (Conlago, 2017) explica que una de las ventajas de implementar un sistema hidropónico, conlleva a que los agricultores obtengan un sinnúmero de beneficios porque se pretende incrementar la producción, ya que al manejar de forma correcta estos sistemas los productores verán los resultados al momento de la cosecha y por lógica obtendrán mayores ingresos económicos.

Los bajos rendimientos de producción del tomate riñón, es un indicador que es necesario adoptar nuevas técnicas de producción ya sea mediante la implementación de la hidroponía e invernaderos, siendo esta una alternativa para producir cultivos de buena calidad, el sistema hidropónico bajo invernadero permite conseguir mayores rendimientos en comparación con las prácticas tradicionales (Conlago, 2017).

Brito (2008) citado por (Conlago, 2017) menciona que antes de definir un determinado sistema hidropónico es necesario analizar los factores de mayor influencia. Así, las tanto las temperaturas extremas existentes (máximas y mínimas) y ausencia de cualquier control climático en el

invernadero, nos permite realizar la elección de sustratos voluminosos y de porosidad gruesa (buena aireación) tendrán un mejor comportamiento en dichas condiciones.

1.2.1.1. Sustratos: Arena, pómida y cascarilla de arroz

En los cultivos semihidropónicos se utilizan sustratos inertes, su función principal es permitir el anclaje del vegetal evitando proporcionar nutrientes al cultivo, debe ser un sustrato en el que la aireación y almacenamiento de humedad sean las apropiadas para que la planta crezca vigorosa. En este tipo de sistemas se puede cultivar gran diversidad de especies, pero se ha incrementado su uso en hortalizas y plantas de frutos como es el caso de las fresas. El riego en medios hidropónicos con sustrato se lo realiza a través de riegos por goteo (Rodríguez, 2012).

Brito (2008) citado por (Conlago, 2017) menciona que existen diferentes maneras de producción y de implementar los sistemas hidropónicos en donde se puede cultivar varias hortalizas (principalmente), utilizando de manera adecuada los sistemas de riego (goteo, sub irrigación, circulación de la solución nutritiva, etc.); los sustratos empleados (agua, materiales inertes, mezclas con materiales orgánicos, etc.); el tipo de aplicación fertilizante (disuelto en la solución nutritiva, sustratos enriquecidos, etc.). Los sustratos inertes son más fáciles de manejar que aquellos sustratos que tienen algún tipo de residuos de nutrientes o que se ha empleado anteriormente en este tipo de actividad.

Rodríguez (2012) señala que los sustratos ideales para la utilización en los cultivos hidropónicos deben reunir ciertas características indispensables, estas son:

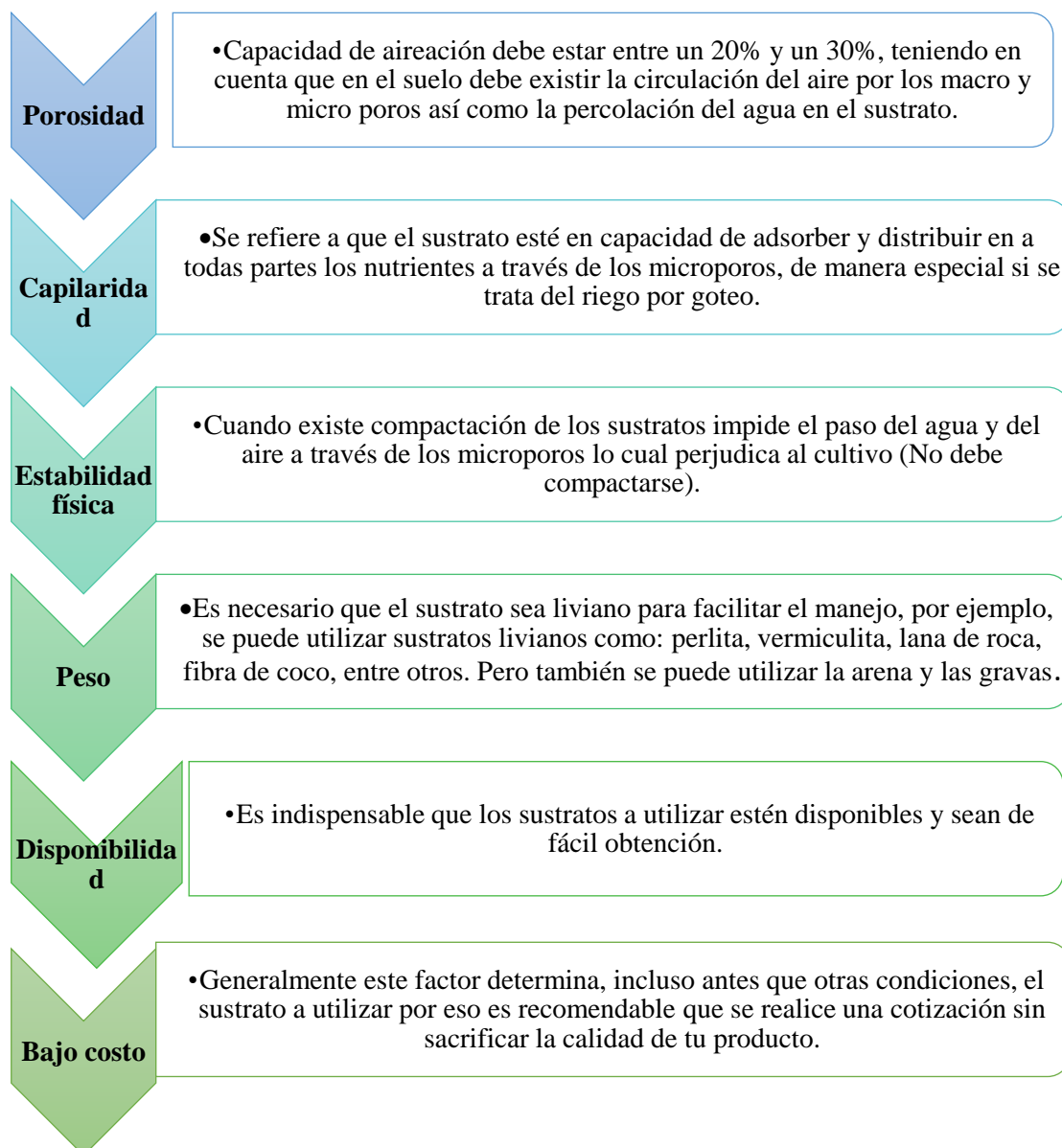


Gráfico 2-1: Características del sustrato

Fuente: (Rodríguez, 2012)

Realizado por: Villalba, B, 2022.

La pomina es un material de origen es volcánico, cuya retención de humedad es de un 38%, posee una buena estabilidad física y durabilidad, desde el punto de vista biológico se le considera libre de organismos vivos (Hydroenvironment, 2018). Químicamente está constituido por bióxido de magnesio y sodio en forma de óxidos. Es un sustrato que permite mayor aireación de las raíces y drenaje, posee el 86% de porosidad (Trujillo, 2019).

La arena de río lavada es un sustrato heterogéneo cuya capacidad de retención de humedad del 56% y para que sea utilizado en hidroponía se recomienda arena con granulometría de 0.5 - 2

mm., debe ser una arena libre de limos y arcillas para evitar problemas de fijación iónica. La cantidad de poros debe ser <50% (Trujillo, 2019).

Para que la cascarilla de arroz esté considerada como un sustrato debe presentar las siguientes características: su consistencia es dura y leñosa ya que contiene gran cantidad de silicio, tiene una conductividad catiónica baja, presenta un 89% de porosidad (Trujillo, 2019).

1.2.2. Aeroponía

La aeroponía se deriva del griego *aero* y *ponos* que significan aire y trabajo, respectivamente; por lo tanto, es un proceso para cultivar plantas en un entorno aéreo o de agua nebulizada sin utilizar el recurso suelo. Desde este punto de vista, la aeroponía es un sistema de agricultura moderna, avanzada, y de alta tecnología, en donde las plantas crecen suspendidas en el aire, utilizando el reciclaje de nutrientes de la niebla que los asperja mediante el riego suministrado habitualmente en forma de nebulización o rocío de tal manera que permite un mayor crecimiento y desarrollo del cultivo al que se aplique este sistema. (Rendón, 2013)

La aeroponía es una técnica de cultivo muy avanzada utilizada para cultivar plantas sin suelo, si se aplica correctamente nos permite obtener resultados de producción y rentabilidad elevados. Permite reducir la mano de obra, fertilizantes y agua, de tal manera que los consumos energéticos de los cultivos en invernadero sean mínimos (Cervantes, 2012).

Es un sistema mediante el cual es posible el cultivo de plantas al aire libre, donde no se utiliza el suelo. Este procedimiento se realiza a partir del crecimiento de los cultivos en un ambiente cerrado mediante la nebulización o pulverización de las raíces que cuelgan, esta acción se realiza cada cierto tiempo por determinados minutos, dependiendo los requerimientos del cultivo en estudio (Machiste, 2021)

1.2.2.1. *Uso de la aeroponía spray*

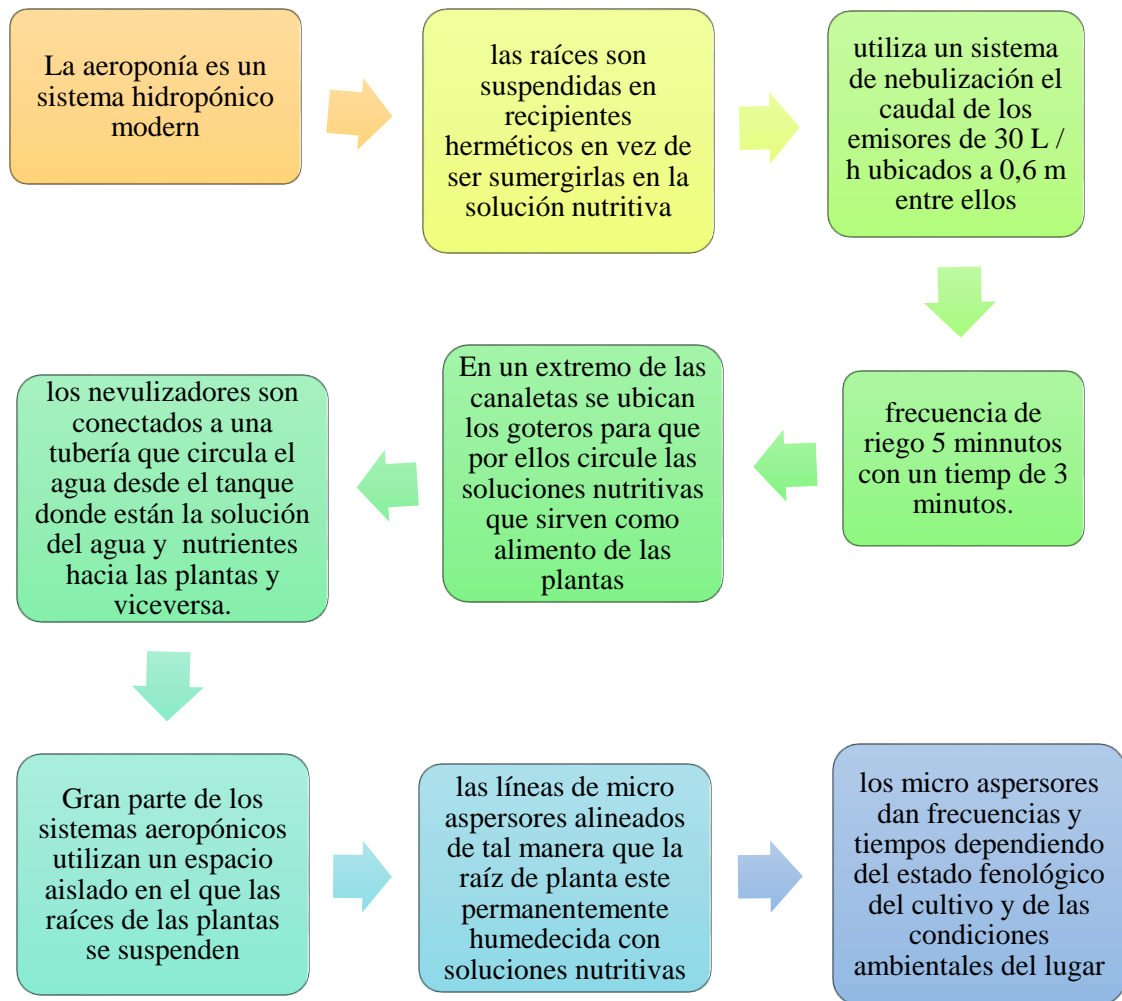


Gráfico 3-1: Uso de la aeroponía spray

Fuente: Rodríguez (2012); Cervantes (2012); Andreau (2015).

1.2.3. *Calidad del agua*

La evaluación de la calidad del agua se hace por medio de un análisis químico, físico y biológico, a partir de una muestra de agua de riego. Los principales parámetros que definen el riesgo del uso de un determinado tipo de agua son el contenido salino expresado en g de sal /L de solución (ppm o mg/L) y la conductividad eléctrica (CE) en dS/m. A partir de estos parámetros se evalúa el riesgo de salinización de un suelo regado, siguiendo las recomendaciones de FAO. En general, con contenidos mayores a 2 g/L o con conductividad eléctrica mayor a 3 dS/m, los problemas de salinidad pueden ser muy graves. En este caso, deben implementarse medidas de manejo tales como lavado frecuente de sales (Méndez, 2019).

Las características del agua que afectan el proceso de fertirriego y determinan la calidad del agua son: la presencia de sustancias tóxicas, nivel de salinidad, pH y la concentración de bicarbonatos. La calidad del agua no solamente afecta al rendimiento de los cultivos sino también a las demás propiedades del suelo, por otro lado, se debe destacar que no todas las plantas reaccionan de igual manera frente a la calidad del agua ya que hay cultivos que pueden tolerar de mejor manera a agua que posee metales pesados y plantas que no lo toleran. La calidad del agua de riego se caracteriza por contener la cantidad de sales disueltas en una solución y se evalúa a través de la CE de la solución. Tomando en cuenta la tolerancia a la CE, el cultivo de tomate admite una calidad del agua cuya salinidad sea de 2dS/m, teniendo una tolerancia de moderadamente sensible (INTAGRI, 2014).

Tabla 7-1: Interpretación del nivel de CE del agua.

Conductividad eléctrica (dS/m)	Grado del problema
< 0,5	Prácticamente libre de sales
0.5-1.0	Ligero
1.0-1.5	Moderado
1.5-2.0	Importante
2.0-2.5	Severo
2.5-3.0	Muy severo
>3.0	Grave

Fuente: (INTAGRI, 2014), pág. 42

Realizado por: Villalba. B, 2022

1.2.3.1. Soluciones nutritivas en hidroponía

Actualmente existe una diversidad de soluciones nutritivas empleadas en cultivos hidropónicos. La eficiencia en su utilidad está en dependencia de las condiciones ambientales. Los cambios de ambiente de climas fríos a cálidos generan modificaciones en la composición química y requiere una concentración más diluida. Los cambios fenológicos del cultivo también pueden exigir mayor o menor demanda de uno o más nutrimentos. (Rodríguez, 2012)

Tabla 8-1. Requerimientos nutricionales del tomate usados en campo

Etapas	Volumen de agua cc/planta/día	Elementos (ppm)							
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn
INICIAL	300	180	70	140	70	36	20	5	0.5
DESARROLLO	650	216.7	86.7	195	97.5	32.5	43.3	5	0.5
FLORACIÓN	1000	116.7	88.8	255.6	133.3	55.6	44.4	5	0.5
PRODUCCIÓN	1200	320	80	426.7	133.3	74.7	101.3	5	0.5

Realizado por: Villalba, B, 2022.

1.3. Riego

1.3.1. Programación del riego

La programación del riego es una metodología que permite determinar el nivel óptimo de riego a aplicar a los cultivos. Esta consiste en establecer la frecuencia (¿Cuándo regar?) y tiempo de riego (¿Cuánto regar?) de acuerdo con las condiciones edafoclimáticas del lugar donde se encuentra la plantación. Una apropiada programación del riego permite optimizar el uso del agua y maximizar la producción y calidad de los productos agrícolas. Para programar el riego es esencial estimar tanto el agua que consumen los cultivos o su evapotranspiración y la cantidad de agua que puede almacenar el suelo explorado por las raíces del cultivo. La programación del riego es entonces un procedimiento que permite establecer el momento oportuno del riego y cuánta agua aplicar a los cultivos (Ortega, y otros, 1999).

1.3.1.1. Frecuencia del riego

La frecuencia de riego permite estimar el número de días transcurridos entre dos riegos consecutivos. Permite calcularse aplicando la siguiente fórmula:

$$FR = \frac{Ln}{ET_{real}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

FR = frecuencia de riego (días)

Ln = lámina neta (mm)

ET_{real} = evapotranspiración real o de cultivo (mm/día)

En riegos de alta frecuencia, como es el caso del método por goteo y microaspersión el suelo no necesariamente actúa como un reservorio de agua ya que ésta es aplicada frecuentemente para mantener un alto contenido de humedad en el suelo cercana a capacidad de campo. En consecuencia, en general, el riego por goteo tiene una frecuencia diaria. (Ortega, y otros, 1999)

1.3.1.2. Evapotranspiración Real

La evapotranspiración real (ET real) determina la cantidad de agua consumida por el cultivo entre dos riegos consecutivos y se define como la suma de la transpiración realizada por la planta y la evaporación de agua producida desde el suelo. La ET real depende de muchos factores, los cuales se asocian al clima, suelo, características de la planta y manejo agronómico. Se puede determinar de la siguiente manera:

$$ET_{Real} = ETr - Kc \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

ET real = evapotranspiración real (mm/días)

ETr = evapotranspiración de referencia (mm/días)

Kc = coeficiente de cultivo (adimensional) (Ortega, y otros, 1999)

1.3.2. Diseño agronómico e hidráulico

El diseño de un sistema de riego se divide en dos partes: Diseño Agronómico y Diseño Hidráulico. El diseño agronómico responde a las preguntas del cuándo y cuánto regar y consiste en dimensionar los intervalos y tiempos de riego a partir de la lámina de diseño, el tiempo de riego, número de emisores por planta, etc. para llegar a conocer el requerimiento hídrico de la planta. (Jiménez, 2017)

Para calcular el diseño agronómico se debe conocer la interrelación entre las características y/o propiedades del agua y el suelo (sustrato), por otro lado, se debe tomar en cuenta las particularidades de cada cultivo como son su estado fenológico y el requerimiento hídrico de la especie. El diseño agronómico depende directamente del sistema de riego seleccionado (Goteo, microaspersión, aspersión, etc.). (Jiménez, 2017).

El diseño hidráulico tiene la finalidad de definir los diámetros y longitudes de las tuberías que forma parte del sistema de riego (regantes, distribuidoras y conducción) bajo ciertos criterios de optimización. El diseño hidráulico debe considerar por lo menos dos criterios: que las secciones

operen con una uniformidad de emisión mayor a 90%, y que la velocidad en las tuberías de la red parcelaria no sea mayor de 2.0 m/s. (Jiménez, 2017)

Las líneas regantes, distribuidoras o de conducción se diseñan de manera diferente entre sí. Las líneas de conducción se diseñan como tuberías que no tienen salidas, por lo tanto, las líneas laterales en las que se ubican los emisores (en los sistemas de riego por aspersión, goteo, microaspersión) y las secundarias de los sistemas de riego localizado, en las que se localizan las líneas laterales se diseñan toando en cuenta la teoría de tuberías con salidas múltiples para facilitar su ubicación en la parcela en estudio. (Jiménez, 2017).

Según (FAO, 2005), el coeficiente de cultivo para tomate es: 0,6 en la etapa inicial; 1,15 en la etapa media y 0,70 a 0,90 para la etapa final.

1.3.3. Automatización del riego

La automatización del sistema de riego, se fundamenta en sustituir el control manual por controladores automáticos, lo que conlleva a ahorrar mano de obra, ahorro de agua y energía, además, a incrementar la eficiencia del riego e incrementar la productividad del cultivo al que se le aplique el riego automático. Esta actividad puede programarse, según el criterio del agricultor, y puede ser de la siguiente manera:

- Programación por tiempos.
- Programación por volúmenes medidos por un medidor de caudal.
- Programación en base a sensores del estado hídrico del suelo y de la planta.

La programación debe estar basada en datos meteorológicos proporcionados por una estación meteorológica (NOVAGRIC, 2018).

Dentro de los componentes de un sistema de control automático para el riego se destacan los siguientes: Sensores y/o transductores; Tensiómetros, manómetros, medidores de caudal, detectores de nivel, etc.; Actuadores: interruptores, electroválvulas, válvulas motorizadas, bombas, variadores de velocidad, arrancadores electrónicos, etc.; Unidades de control (programadores, ordenadores, etc.); Sistemas de protección eléctrica. (NOVAGRIC, 2018)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Características del lugar

2.1.1. Localización

La presente investigación se desarrolló en el invernadero en la propiedad de la familia Villalba, en la comuna La Primavera, parroquia Juan de Velasco, cantón Colta, provincia de Chimborazo.

2.1.2. Ubicación geográfica

Tabla 1-2: Ubicación geográfica de la comuna La Primavera

Ubicación	PROPIEDAD
Provincia	Chimborazo
Cantón	Colta
Parroquia	Juan de Velasco
Comuna	La Primavera
Altitud (m)	1995 m.s.n.m
Latitud (X)	1°55'51.8"S
Longitud (Y)	78°57'12.9"W

Fuente: GADP Juan de Velasco, 2021, pág. 47

2.2. Materiales y equipos

2.2.1. Material experimental

En la investigación se utilizó los siguientes materiales:

Un cultivar de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*), variedad Pietro

Dos fertilizantes foliares

2.2.2. Materiales de oficina

Computadora, programas de Microsoft Word, Excel y InfoStat, calculadora

2.2.3. Materiales de laboratorio

Estufa, balanza digital, pHmetro

2.2.4. Materiales de campo

Libreta de apuntes, 2 tanques de 200 L, 12 conectores, un motor de 1,5 Hp, 1 pega tubo, un panel de control, azadones, bloques, plástico para sustrato, balde de 20L, bomba de fumigar, fertilizantes, balanza digital, rótulos de identificación, piola para tutoreo, alambre, tijera de podar, cámara digital, nebulizadores, cinta de riego, Venturi, Universal PVC 50mm, Adaptador macho 50mm, Codo de 50mm, Tapa roscable 1½, cartones, tablas, fertilizantes foliares, pHmetro de bolsillo, conductímetro de bolsillo, estacas de madera, cable, flexómetro, cascarilla de arroz, pomina, arena, pie de rey (calibrador).

2.3. Metodología

2.3.1. Diseño experimental

Se aplicó un diseño experimental de parcelas divididas con tres repeticiones, donde los sistemas aeropónico spray, arena + pomina y cascarilla de arroz serán parcelas grandes y los fertilizantes foliares las parcelas pequeñas.

Se aplicó el coeficiente de varianza y la prueba de LSD Fisher al 5% para identificar significación de las varianzas en estudio.

2.3.2. Factores de estudio

Los factores en estudio fueron: el factor A los tres sustratos y el factor B los dos fertilizantes foliares.

Tabla 2-2: Tipos de sustrato a utilizar en parcela grande

Parcela grande	Tipo de sustrato
A1	Aeropónico spray
A2	Arena + pomina
A3	Cascarilla de arroz

Realizado por: Villalba. B, 2022.

Tabla 3-2: Fertilizantes foliares en las sub parcelas

Sub parcela	Fertilizante foliar
B1	Testigo (Sin fertilización foliar)
B2	Bayfolán
B3	Biotrac

Realizado por: Villalba. B, 2022.

2.3.3. Especificaciones del campo experimental

Número de tratamientos: 9

Número de repeticiones: 3

Número de unidades experimentales: 27

2.3.3.1. Área de investigación

Forma: Rectangular

Longitud: 9.3m

Ancho: 0.30 m

Área del tratamiento: 2.79 m²

Número de hileras por tratamientos: 1

2.3.3.2. Densidad de trasplante

Distancia entre hileras: 1.0 m

Distancia entre plantas: 0.3 m

Número total de plantas en el ensayo: 837

Número total de plantas a evaluarse: 270

Número de plantas por tratamiento: 31

Número de plantas evaluadas por tratamientos: 10

Área total del ensayo: 504 m²

Área neta del ensayo: 75.6 m²

2.3.3.3. Croquis de la distribución de unidades experimentales

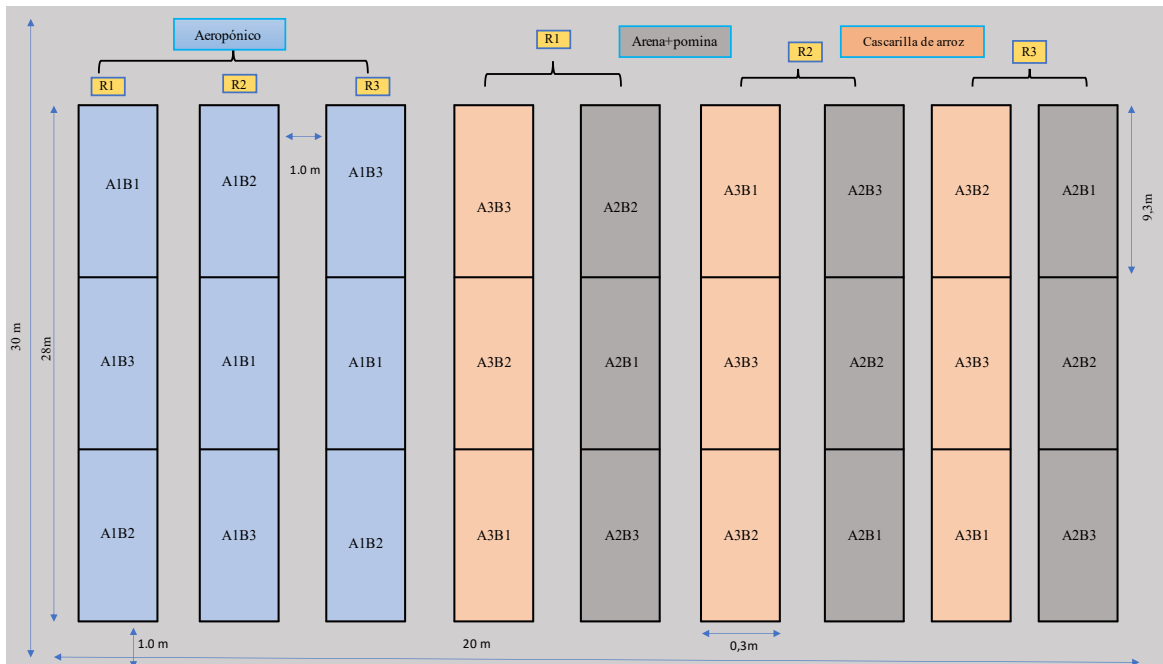


Figura 1-2: Croquis de distribución

Realizado por: Villalba. B, 2022.

2.3.3.4. Esquema del análisis de varianza

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BDCA) con parcelas divididas

Tabla 4-2: Fuentes de variación

Fuentes de variación	Gl
Bloques	2
A (Parcela grande)	2
Error A	4
B (Sub parcela)	2
A x B	4
Error B	12
Total	26

Realizado por: Villalba. B, 2022.

2.3.3.5. Análisis funcional

- Se realizó la prueba de Shapiro- Wilks para determinar la normalidad de los datos

- Se realizó la prueba LSD Fisher al 5 % para determinar si existió diferencias significativas entre tratamientos.
- El análisis económico se realizó mediante la relación beneficio costo por tratamiento.

2.3.4. Variables en estudio

Se evaluaron los siguientes parámetros:

2.3.4.1. Calidad del agua

Se analizó la calidad del agua de riego, la misma que se utilizó para los cultivos hortícolas expresados en el tema de estudio, se realizó antes de implementar el cultivo.

2.3.4.2. Número de frutos por racimo / planta

Se registró el número de frutos producidos en cada racimo de tomate riñón de las plantas en estudio

2.3.4.3. Peso del fruto

Con la ayuda de una balanza digital se registró el peso de todos los frutos hasta el quinto piso y se expresó en gramos de acuerdo a cada uno de los tratamientos y repetición.

2.3.4.4. Diámetro del fruto

Con ayuda de un pie de rey (Calibrador) se evaluó el diámetro ecuatorial y polar en cm, desde la parte central de los frutos de cada tratamiento y repetición al momento de la cosecha.

2.3.4.5. Materia seca

Mediante la utilización de una balanza digital para obtener el peso en gramos tanto antes como después de secar los frutos en la estufa a 180°C se registró los datos y se aplicó la ecuación 3 para determinar el porcentaje de materia seca de cada uno de los tratamientos

$$MS = \frac{\text{Peso húmedo (g)} - \text{Peso seco (g)}}{\text{Peso húmedo (g)}} * 100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

2.3.4.6. Rendimiento kg/planta y kg/ha

Se evaluó el rendimiento de la planta, tomando en cuenta los primeros cinco pisos de producción del tomate y su valor se expresó en kilogramos por planta proyectándole a kilogramos por hectárea.

2.3.4.7. Categorización de los frutos

De acuerdo con el tamaño y peso de los frutos de tomate se clasificó en las diferentes categorías a los frutos de tal manera como se detalla en la (Tabla 2-4), expuesta por Ausay (2015).

2.3.4.8. Relación beneficio/costo

Para determinar esta relación se realizó un análisis económico de los tratamientos, dentro de lo cual se consideró los ingresos y costos totales por tratamiento.

2.4. Manejo del ensayo

2.4.1. Labores pre culturales y culturales

- Se obtuvieron 900 plántulas de tomate riñón de un invernadero de la ciudad de Riobamba.
- Se procedió a realizar las canaletas, para el sistema aeropónico con bloques y plástico y para los semihidropónicos con estacas de madera, alambre y plástico.
- Se procedió a llenar las canaletas con arena, pomina y cascarilla de arroz de acuerdo a los tratamientos.
- Se realizó perforaciones en el plástico y se colocó el sistema de riego.
- Se definió las 9 unidades experimentales conformadas por 3 tratamientos y 3 repeticiones.
- Se realizó el trasplante del tomate riñón cuando los sustratos estaban húmedos.
- El tutorado de las plantas se la realizó a los 30 días después del trasplante.
- La poda de formación y de las hojas bajas se realizó de forma manual cuando la planta lo requería o presentaba algún síntoma de enfermedad.
- El riego se facilitó mediante un sistema de goteo en los sistemas semihidropónicos con un caudal de 3L / hora cada día por un tiempo de 5 min y con nebulizadores en el sistema aeropónico cuyo caudal fue de 5.5 L/hora, el sistema se encendía cada 10 minutos un lapso de 3 min.

- La fertilización se realizó de acuerdo con los requerimientos nutricionales del cultivo una vez al día, seis días a la semana durante cada una de las etapas del cultivo.

2.4.1.1. Control de plagas y enfermedades

Las plagas y enfermedades que presentó en el cultivo fueron:

- Mosca blanca: se controló de forma química con Hortisec cuyo ingrediente activo es Acephate (750g/Kg)
- Gusano minador: se aplicó New metrin cuyo ingrediente activo es Abamectina
- Tizón tardío: se controló con fungicida químico con un producto de nombre comercial Protón cuyo principio activo es Propamocarb hydrochloride (722g/L)
- Oídio: Se controló con un fungicida químico, producto comercial de nombre Nimrod cuyos ingredientes activos son: Nimrod / Solvent naphtha.

2.4.1.2. Cosecha

Esta etapa comenzó al momento que el 90% de los frutos alcanzaron un grado de madurez comercial para venta, luego fueron clasificados de acuerdo a las categorías para su comercialización.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Calidad del agua

El estudio de la calidad de agua de riego se analizó en el Laboratorio de servicios ambientales y se encuentra en el Anexo B, para conocer el pH y demás características del líquido vital.

3.1.2. Número de frutos por racimo / planta

Se realizó la prueba de normalidad Shapiro- Wilks para analizar la cantidad de frutos producidos por racimo y por planta y se encontró que son normales p-valor 0,2496. En el análisis de varianza (Tabla 1-3), para el número de frutos por racimo y por planta, presentó diferencias altamente significativas para sustratos, mientras que para los demás tratamientos no se encontró significancia, con un coeficiente de variación de 12.69%.

Tabla 1-3: Análisis de varianza para el número de frutos por racimo / planta

F.V.	Gl	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	6,42	0,0564	*
Sustratos	2	25,66	0,0052	**
Error A	4	0,87	0,5082	ns
F. foliar	2	0,45	0,6494	ns
Sustratos*F. foliar	4	0,65	0,6375	ns
Error	12			
Total	26			
CV	12.69			

p-valor > 0,05 ns: No significativo

p-valor > 0,01 y < 0,05 *: Significativo

p-valor < 0,01 **: Altamente significativo

Realizado por: Villalba. B, 2022.

En la prueba LSD Fisher al 5% para la cantidad de frutos producidos por racimo y por planta (Gráfico 1-3) representada por dos categorías, el sistema aeropónico presenta una media de 4.6, mientras que los sistemas semihidropónicos arena + pomina y cascarilla de arroz tienen una media de 6.91 y 6.17 respectivamente.

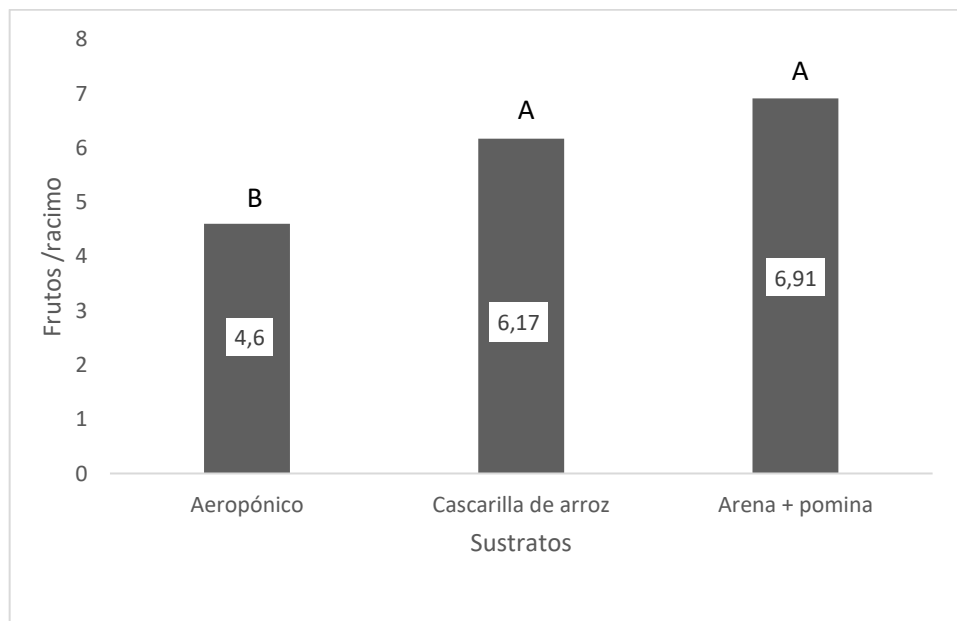


Gráfico 1-3: Cantidad de frutos por racimo y por planta

Realizado por: Villalba. B, 2022.

3.1.3. Diámetro de los frutos

3.1.3.1. Diámetro ecuatorial

Al realizar la prueba de normalidad Shapiro- Wilks para el diámetro ecuatorial de los frutos de tomate se encontró que son normales p-valor 0.9279. En el análisis de varianza (Anexo C), para el peso del fruto, no se encontró significancia para ninguno de los tratamientos, con un coeficiente de variación de 2.68%. Se obtuvo una media de 5.60 cm de diámetro ecuatorial

3.1.3.2. Diámetro polar

Al realizar la prueba de normalidad Shapiro- Wilks para el diámetro polar de los frutos de tomate se encontró que son normales p-valor 0.6661. En el análisis de varianza (Anexo D), para diámetro polar de frutos no presentó diferencias altamente significativas para ninguno de los factores en estudio, con un coeficiente de variación del 1.77%. Se obtuvo una media de 4.77 cm de diámetro polar.

3.1.4. *Materia seca*

Al realizar la prueba de normalidad Shapiro- Wilks para el logaritmo natural de la materia seca de tomate se encontró que son normales con 0.4808. En el análisis de varianza (Tabla 2-3), para el logaritmo natural de materia seca de diez tomates riñón no presentó diferencias significativas para ninguno de los factores en estudio, con un coeficiente de variación de 6.15%. Y una media de 1.63% de materia seca, aplicando la Ecuación 3.

Tabla 2-3: ANOVA para el porcentaje de materia seca

F.V.	Gl	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	0,21	0,82	ns
Sustratos	2	0,04	0,9652	ns
Error A	4	3,03	0,061	ns
F. foliar	2	1,48	0,2669	ns
Sustratos* F. foliar	4	0,31	0,8635	ns
Error B	12			
Total	26			
CV	6,15			

p-valor > 0,05 ns: No significativo

p-valor > 0,01 y < 0,05 *: Significativo

p-valor < 0,01 **: Altamente significativo

Realizado por: Villalba. B, 2022.

3.1.5. *Categorización de los frutos*

3.1.5.1. *Primera categoría*

Al realizar la prueba de normalidad Shapiro- Wilks para la primera categoría de los frutos de tomate se encontró que son normales con 0.4062. En el análisis de varianza (ANEXO E), para la categorización del tomate no presentó diferencias significativas para ninguno de los factores en estudio, con un coeficiente de variación de 6.04. Y una media de 195.44 gramos de peso fresco.

3.1.5.2. *Segunda categoría*

Al realizar la prueba de normalidad Shapiro- Wilks para la segunda categoría de acuerdo al peso de los frutos de tomate se encontró que son normales con 0.7917. En el análisis de varianza (ANEXO F), para esta categorización de frutos no presentó diferencias significativas para

ninguno de los factores en estudio, con un coeficiente de variación de 5.02. Con una media de 126.60 gramos de peso fresco.

3.1.5.3. Tercera categoría

Al realizar la prueba de normalidad Shapiro- Wilks para la segunda categoría de acuerdo al peso de los frutos de tomate se encontró que son normales con 0.1076. En el análisis de varianza (ANEXO G), para esta categorización de frutos no presentó diferencias significativas para ninguno de los factores en estudio, con un coeficiente de variación de 5.89. Con una media de 81.10 gramos de peso fresco.

Tabla 3-3: Peso del fruto de acuerdo a las categorías y tratamientos

Tratamientos	1ra Categoría	2da. Categoría	3ra. Categoría
Cascarilla de arroz-Testigo	182,93	126,53	80,21
Arena+ pomina - Biotrac	187,63	128,5	79,07
Cascarilla de arroz-Bayfolán	193,6	129,53	81,74
Aeropónico - Testigo	198,76	128,22	81,92
Arena+ pomina - Bayfolán	198,84	126,67	78,83
Aeropónico - Bayfolán	198,92	124,36	80,76
Arena+ pomina - Testigo	198,94	125,21	78,55
Aeropónico - Biotrac	199,67	123,55	84,98
Cascarilla de arroz-Biotrac	199,7	126,78	83,81

Realizado por: Villalba. B, 2022.

En la (Tabla 3-3) se puede evidenciar una media de los pesos de los frutos de acuerdo a cada una de las categorías en relación a los tratamientos aplicados, en los que se enmarca el mayor y menor de cada uno de ellos respecto a los demás tratamientos.

3.1.6. Rendimiento

Se realizó la prueba de Shapiro-Wilks para la variable rendimiento en kilogramos por planta y se encontró que son normales p-valor 0,3023. El análisis de varianza para el rendimiento por planta (kg/planta) establece diferencias altamente significativas en los tratamientos con un coeficiente de variación de 8.76 % (Tabla 4-3).

Tabla 4-3: Rendimiento en Kg/ planta

F.V.	Gl	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	14,47	0,0147	*
Sustratos	2	29,29	0,0041	**
Error A	4	0,97	0,4585	*
F. foliar	2	0,56	0,5846	ns
Sustratos*F. foliar	4	0,4	0,8049	ns
Error	12			
Total	26			
CV		8.76		

p-valor > 0,05 ns: No significativo

p-valor > 0,01 y < 0,05 *: Significativo

p-valor < 0,01 **: Altamente significativo

Realizado por: Villalba. B, 2022.

En la prueba LSD Fisher al 5% para el rendimiento por planta, (Gráfico 2-3) se encuentra representada en dos categorías: la categoría A representada por los sistemas semihidropónicos arena + pomina y cascarilla de arroz tienen una media de 1.64 Kg y 1.54 Kg respectivamente, mientras que en la categoría B está representada por el sistema aerópónico presenta una media de 1.2 Kg; lo que corresponde a un rendimiento en el sistema aerópónico de un 42.9 Tn/ha, en los sistemas semi hidropónicos cascarilla de arroz y arena + pomina de 55 Tn/ha y 58.6 Tn/ha respectivamente.

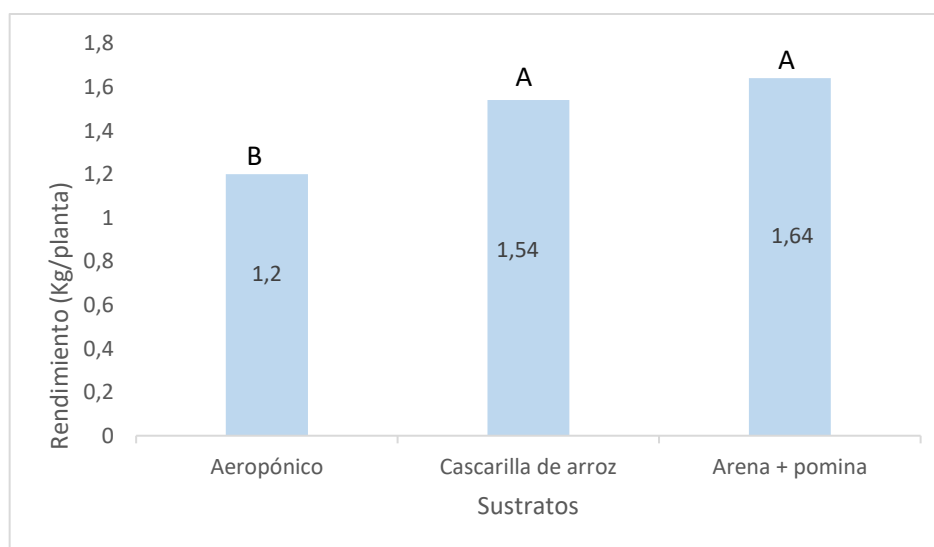


Gráfico 2-3: Rendimiento (Kg/planta) relacionado a los sustratos

Realizado por: Villalba. B, 2022.

Tabla 5-3: Rendimiento del tomate riñón hasta el quinto piso de producción

Sustratos	Rendimiento (Kg/planta)	Rendimiento (Kg/ha)	Rendimiento (t/ha)
Aeropónico	1,2	43021,9	43,0
Cascarilla de arroz	1,54	54938,5	55,0
Arena + pomina	1,64	58537,1	58,5

Realizado por: Villalba. B, 2022.

3.1.7. Análisis de la relación Beneficio / Costo

En el análisis económico (Gráfico 3-3) se observa que los tratamientos que se realizó bajo un sistema aeropónico pese que se aplicó la misma fórmula foliar presentaron una relación beneficio/costo son menores a 1 lo que nos indica que los costos son mayores a los ingresos por tal motivo no son viables, mientras que el tratamiento con sustrato de arena + pomina y con aplicación foliar de Bayfolán (A2B2) presentó la mayor relación beneficio/costo con 2.25 dólares, los demás tratamientos de la misma manera sobrepasan el 1 dólar en la relación por ende son viables.

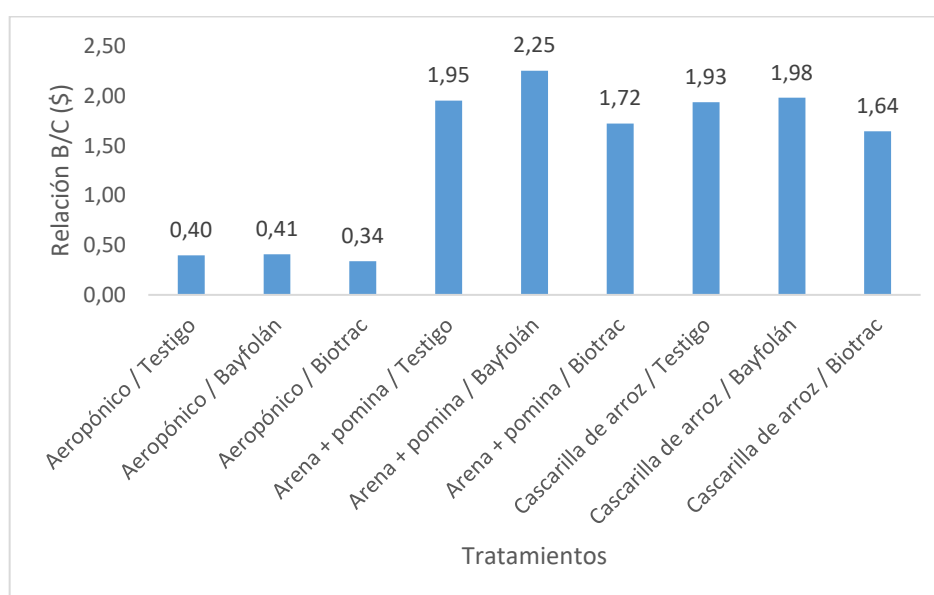


Gráfico 3-3: Relación Beneficio / Costo

Realizado por: Villalba. B, 2022.

3.2. Discusiones

3.2.1. Efecto del sustrato en el rendimiento

Los resultados del presente trabajo investigativo establecieron de manera general el efecto de los diferentes sustratos marcando una diferencia altamente significativa entre los indicadores analizados tales como número de frutos por racimo, peso de frutos y rendimiento. Por otra parte, la aplicación de fertilizantes foliares figura como un factor que no condiciona el rendimiento del cultivo.

Al analizar el número de frutos por racimo se puede apreciar en la Tabla 1-3 en donde se analiza la varianza para el número de frutos por racimo existe una similitud a lo que se refiere las aplicaciones foliares que se realizó pero si analizamos los sustratos en estudio se observa que existe una diferencia altamente significativa con un p-valor de 0.2496, por consiguiente se aplicó la prueba de Fisher al 5% para analizar lo antes expuesto y se puede apreciar en el Gráfico 1-3 se puede notar que en los tratamientos que se aplicó el sistema aeropónico presentan el más bajo nivel de producción de frutos por racimo con una media de 4.6; mientras que en los sistemas semihidropónicos con sustrato de arena + pomina presenta la mayor producción de frutos por racimo con una media de 6.91, independientemente del tipo de aplicación foliar que se realizó.

Al analizar el rendimiento del cultivo en relación a los sustratos que se utilizó se puede apreciar que en los tratamientos con sustrato de arena + pomina presentan mejor rendimiento con una media de 1.64Kg de fruto fresco / planta, mientras que en el sistema aeropónico se obtuvo mejor rendimiento con una media de 1.2 kg de fruto fresco / planta (Gráfico 2-3), tomando en cuenta la media por tratamiento se obtiene 16.4 Kg/tratamiento y 12.0kg/tratamiento respectivamente; proyectándole a una hectárea de producción se obtiene un rendimiento de 42852.0 Kg (42.9 t/ha) en el sistema aeropónico, 54993.4 Kg (55.0 t/ha) en los tratamientos con cascarilla de arroz y en el tratamiento cuyo sustrato fue arena + pomina un rendimiento de 58564.4 Kg/ha (58.6 t/ha).

Varela (2018) donde señala que el cultivo de tomate riñón variedad Pietro produce hasta 7 frutos por racimo, por otro lado, Conlago (2017), explica que al utilizar sustratos (Arena, pomina, cascarilla de arroz, etc.) en hidroponía al poseer una buena aireación y retención de humedad permiten que la planta se desarrolle adecuadamente y por ende la producción va a ser mayor que cuando se cultiva en el suelo directamente o cuando se implementa otro método de producción. Por lo expuesto es importante señalar que este estudio coincide con lo aportado por el autor ya que se obtuvo mayor cantidad de frutos por racimo en los tratamientos con sustratos que en el sistema aeropónico.

Durante el desarrollo del trabajo investigativo se pudo apreciar que la planta del tomate riñón fue reaccionando de acuerdo a los nutrientes que se le ha aplicado, por lo tanto, es necesario nutrir correctamente a la planta, así como lo explica (Rodríguez, 2012) en el que expresa que la planta debe recibir dosis adecuadas tanto de fertilizantes como de agua dependiendo del tipo de sustrato que se esté utilizando.

Por otro lado, Salazar (2015) explica que obtuvo un rendimiento promedio de 3,53 kg/tratamiento en cultivos hidropónicos, lo que comparando con la presente investigación se observa que presenta un mejor resultado en lo que corresponde al peso de los frutos por tratamiento.

3.2.2. Relación entre Fertilización foliar en el rendimiento

Al analizar el rendimiento del cultivo en kilogramos por planta se puede observar en el Anexo H, en donde se evidencia que el mejor rendimiento es los tratamientos a los que se aplicó fertilizante foliar Bayfolán con una media de 1.6Kg/ planta y el que menor rendimiento fue de Biotrac con 1.29 Kg de fruto fresco por planta.

(Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos, 1999) expresan, para que un cultivo se desarrolle de manera apropiada durante cada una de las etapas fenológicas debe recibir la correcta fertilización principalmente aquella que es aplicada a las raíces de la planta ya que la fertilización foliar no es más que una fertilización complementaria a la anterior, es decir que solo si la planta necesita algún nutriente va a absorber los iones que ella los requiera por medio de las hojas.

3.2.3. Variables en relación a la calidad del fruto

Al analizar lo que es la variable del peso de los frutos como se observa en la Tabla 4-3 en donde se analiza la varianza del rendimiento existe una similitud a lo que se refiere las aplicaciones foliares que se realizó sin embargo si analizamos los sustratos en estudio se observa que existe una diferencia altamente significativa con un p-valor de 0.3023, por consiguiente se aplicó la prueba de LSD Fisher al 5% para analizar lo antes expuesto y se puede apreciar en el Gráfico 2-3 se puede evidenciar que en los tratamientos que se aplicó el sistema aeropónico presentan el más bajo nivel en lo que se refiere al peso del fruto con una media de 1.2 Kg; mientras que en los sistemas semihidropónicos con sustrato de arena + pomina presenta la mayor peso de los frutos con una media de 1.64 Kg y un coeficiente de variación de 8.76.

Colago (2017) al analizar sus resultados en su ensayo explica que en cultivos con sustratos las plantas son capaces de producir en mayor cantidad y esto se ve reflejado en el peso del fruto y por ende en su rendimiento, lo cual coincide con lo anterior ya que las plantas al estar ancladas a un material inerte no sufren estrés o algún tipo de reacción desfavorable ya sea por condiciones ambientales o cualquier otro aspecto que dificulte el correcto desarrollo de las especies, mientras que en el sistema aeropónico al depender solo del líquido vital se puede evidenciar que no se desarrollan de igual manera.

Analizando el diámetro de los frutos tanto su diámetro ecuatorial (Anexo C) y polar (Anexo D) no se evidencian diferencias significativas para ninguno de los factores en estudio, de acuerdo a los datos obtenidos en esta investigación se obtiene una media de 55.7 mm correspondiente al diámetro ecuatorial y 56.3 mm de diámetro polar, lo que al comparar con los resultados de Méndez (2019) no coinciden ya que dicho autor en su estudio obtuvo que el diámetro ecuatorial de los frutos fluctúa entre 72.12 y 76.71 mm.

En lo que se refiere a categorización de los frutos se clasificó en tres categorías como lo señala en la (Tabla 5-2) citada por Ausay (2015), obteniendo como resultado que en no presentaron diferencias significativas en la primera categoría (Anexo E), con un coeficiente de variación de 6.04%, con una media de 194.44 gramos de peso fresco del fruto. En lo que es segunda categoría no se evidencian diferencias significativas para ninguno de los tratamientos (Anexo F), con un coeficiente de variación de 5.02 %, alcanzando una media de 126.60 gramos por fruto.

Por lo consiguiente al comparar con el estudio de Méndez (2019) en su estudio explica que el peso de los frutos para primera categoría alcanzó 130g por fruto, tomando esto como referencia en este estudio se puede dar cuenta que se alcanzó un 53% más peso que lo que señala dicho autor.

CONCLUSIONES

Al analizar cada uno de los tratamientos se obtuvo que en el sistema semihidropónicos con sustrato de arena + pomina se obtuvo un mejor rendimiento con un total de 1.64 kg/planta lo que representa 58.5 toneladas de fruto en una hectárea de producción. Mientras que el tratamiento que presentó menor rendimiento fue el del sistema aeropónico con una media de 1.2 kg / planta lo que representa 43.0 toneladas de producción en una hectárea.

Se obtuvo un diámetro ecuatorial de los frutos de 5.60 cm en promedio en el sistema semi hidropónico con sustrato de arena + pomina , y una media de 4.77 cm de diámetro polar lo que significa que los frutos fueron en su mayoría aceptables para su comercialización ya que al clasificarlos por categorías se obtuvo en su mayoría frutos de primera y segunda categoría con un peso promedio de 195.44 g y 126.60 g respectivamente para cada categoría, correspondiente al sistema semi hidropónico con sustratos de arena + pomina.

Después de realizar el análisis económico de cada uno de los tratamientos se puede darse cuenta que el sistema aeropónico no proporciona ganancias satisfactorias ya que se tuvo problemas con la automatización del sistema de riego y el retorno de la solución nutritiva, en el sistema semihidropónicos con sustrato de arena + pomina se obtuvo un beneficio de \$ 2,25 con la aplicación de Bayfolán recuperando el dólar invertido y obteniendo una ganancia de \$1,25.

Los resultados obtenidos en el sistema aeropónico en esta investigación son necesarios comprobar con otros ensayos ya que durante el ciclo del cultivo se tuvo problemas con el Timer y el panel de control, por lo que el riego se dificultaba en este sistema.

RECOMENDACIONES

Desde el punto de vista agronómico no es necesaria la aplicación de un fertilizante foliar si se está aplicando soluciones nutritivas de manera adecuada a los requerimientos del cultivo ya que la planta no los va a absorber y simplemente va a ser un desperdicio tanto de tiempo como económico ya que en vez de hacerle un bien al cultivo se puede llegar a intoxicar a la planta, se debe tomar en cuenta que la fertilización foliar es complementaria a la edáfica o fertilización directa a la raíz del cultivo

Realizar ensayos en los que se logre aplicar el sistema aeropónico de manera más adecuada, buscando cultivos que se adapten de mejor manera a este tipo de sistemas, ya que al ser nueva tecnología se conoce muy poco en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

AAIC. *Cultivo de tomate riñón en invernadero (Lycopersicon esculentum)*. Plagas del cultivo de tomate bajo invernadero. [aut. libro] Asociación de Agronomos Indígenas del Cañar. [ed.] Miguel Canagua, Bolivar Quindi y Edwin Robayo. Quito : Abya Yala, 2003, V, págs. 39-47.

ANDREAU, Ricardo. *Cultivos en Hidroponía*. Argentina :Soluciones Nutritivas I. [aut. libro] José Beltrano, y otros. Argentina: UNLP. (Primera ed.), 2015, 5, págs. 74-85.

ARCOS, Franklin. *Texto Básico de Nutrición y Fertilizantes*. Riobamba : s.n., 2013. págs. 101-105.

AUSAY, Elvia. *Respuestas de tomate riñón (Lycopersicum esculentum Mill) Cv Dominic bajo invernadero a dos relaciones Nitrato /Amonio mediante fertiriego por goteo*. [En línea] 2015. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4264/3/13T0808%20.pdf>.

BARREIRO, Erick. *Análisis de la fluctuación de precios en el producto de ciclo corto, tomate riñón, en el mercado mayorista de Montebello*. [En línea] abril de 2015. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8778/1/FLUCTUACION%20DE%20PRECIOS%20EN%20EL%20PRODUCTO%20AGRICOLA%20TOMATE%20RIÑON%20EN%20EL%20MERCADO%20MAYORISTA%20DE%20MONTEBELLO%20DE%20LA%20CIUDAD%20DE%20GUAYAQUIL%20EN%20EL%20PER%202010>.

BCE. *Reporte de Conyuntura del Sector Agropecuario*. Banco Central del Ecuador. [En línea] julio de 2019. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Conyuntura/Integradas/etc201901.pdf>.

CACOANGO, Mayra. *Reporte de Conyuntura del Sector* [En línea] 2018. [Citado el: 14 de diciembre de 2021.] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10347/1/13T0863.pdf>.

CATIE. *Guía para el Manejo Integrado de Plagas del cultivo de tomate*. Costa Rica : s.n., 1990, 2.

CERVANTES, Miguel. *InfoAgro*. [En línea] 2012. https://www.infoagro.com/hortalizas/cultivo_aeroponic.htm.

CONLAGO, Ángel. *Evaluación de cinco variedades de tomate* [En línea] septiembre de 2017. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7448/1/03%20AGP%20221%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.

DASCÓN, Andrea. *Evaluación de cinco variedades de tomate (Solanum lycopersicum) obtenidas usando germoplasma nativo ecuatoriano frente a dos tratamientos de control de plagas, en la provincia de Loja.* [En línea] 2018. <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7671/1/13500.pdf>.

DÉLEG, María & MERCHÁN, Carlos. *Análisis de las características organolépticas del tomate riñón cultivado en la provincia del Azuay y sus aplicaciones gastronómicas.* [En línea] 2015. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23407/1/Trabajo%20de%20titulaci%c3%b3n.pdf>.

ESCOBAR, Hugo & LEE, Rebeca. *Manual de producción de tomate bajo invernadero.* [En línea] 2009. https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/wysiwyg/pub_29_-_manual_produccion_de_tomate.pdf.

FAO. *Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos.* [En línea] 2005. <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>.

AGUILAR, Diana & TRINIDAD, Antonio. México : s.n., 1999, Terra Latimiamericana, Vol. 17, pp. 247-255.

GARCÍA, Martha. *blogspot.com.* [En línea] 30 de noviembre de 2017. [Citado el: 10 de noviembre de 2021.] <http://taxonomiaenplantas2017.blogspot.com/2017/11/tomate.html>.

GUANOCHANGA, Silvia & BETANCOURTH, Marisol. *Producto de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la producción y comercialización de lecgugas hidropónicas en la ciudad de Quito.* [En línea] mayo de 2010. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4580/1/UPS-ST000594.pdf>.

HYDROENVIRONMENT. *Hydro environment.* [En línea] 2018. https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=32.

INFOAGRO. *InfoAgro.* [En línea] 2001. https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_i_.asp.

INTAGRI. [En línea] 2018. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/funciones-del-calcio-en-la-nutricion-de-los-cultivos>.

INTAGRI. *Intagri*, México : s.n., 2017, Vol. Horticultura protegida, pág. 369.

JARAMILLO, Juan. *Evaluación agronómica del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo tres diferentes coberturas plásticas.* [En línea] 19 de noviembre de 2015. [Citado el: 13 de diciembre de 2021.] <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5339/1/122917.pdf>.

JIMÉNEZ, Serch. *Hidráulica fácil.* [En línea] 18 de mayo de 2017. <https://www.hidraulicafacil.com/2017/05/disenio-hidraulico-de-sistemas-de-riego.html>.

MACHISTE, Yeraldine. *Agroecología.es.* [En línea] 5 de abril de 2021. <https://agroecologia.es/cultivo-aeroponico-que-es-ventajas-y-caracteristicas/>.

MARTÍNEZ, Juan, SALINAS, Luis & CORRODINI, Fabio. *Nutrición y fertilidad en tomate bajo condiciones de invernadero.* [aut. libro] Marjorie Allende, y otros. [ed.] Andrea Torres. *Manual de cultivo del tomate.* Santiago : s.n., 2017, II, págs. 20-28.

MÉNDEZ, Héctor. *Evaluación de la fenología y rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivado en sistema de sustrato inerte, sometido a distintas soluciones nutritivas bajo clima semiárido.* Universidad Estatal Península de Santa Elena. [En línea] 2019. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4802/1/UPSE-TIA-2019-0002..pdf>.

NOVAGRIC. [En línea] 2018. <https://www.novagric.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-automatico#:~:text=La%20automatizaci%C3%B3n%20del%20riego%20puede,suelo%20y%20de%20la%20planta..>

ORTEGA, Samuel & ACEVEDO, César. *Universidad de Talca.* [En línea] marzo de 1999. <http://bosques.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/9924/CNR-0287.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20programaci%C3%B3n%20del%20riego%20es,las%20condiciones%20edafoclim%C3%A1ticas%20del%20predio..>

PÉREZ, Juana, et. al. *Guía Técnica: Cultivo de Tomate.* Fenología del cultivo. El Salvador : s.n., 2002, págs. 11-12.

RENDÓN, Yesica. [En línea] octubre de 2013.
[https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/420/1/Yesica%20Rendon%20Aqui no.pdf](https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/420/1/Yesica%20Rendon%20Aqui%20no.pdf).

RIVERA, Hernan. *Agroverde S. A.* [En línea] 2014. <https://www.agroverde.com.ec/semillas-de-alta-genetica/daniela-ha-144.html>.

RODRÍGUEZ, Alfredo. *Implementación de un centro de acopio de hortalizas en el cantón Colta, provincia de Chimborazo.* [En línea] mayo de 2012.
https://www.researchgate.net/publication/283869323_Advances_of_hydroponics_in_Latin_America..

SALINAS, Jorge. *Implementación de un centro de acopio de hortalizas en el cantón Colta, provincia de Chimborazo.* [En línea] abril de 2008.
<https://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/handle/24000/4003/Salinas%20Batallas%20Jorge.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SEPÚLVEDA, Paulina. *Enfermedades del tomate riñón.* [aut. libro] Marjorie Allende, y otros. [ed.] Andrea Torres. Manual del cultivo de tomate bajo invernadero. Santiago de Chile : s.n., 2017, págs. 31-42.

SILVA, José. *Evaluar la respuesta del tomate riñón (Solanum lycopersicum) L. var. Sheila cultivado bajo invernadero a cuatro programas de fertilización folia.* [En línea] 2015.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7781/1/T-UCE-0004-57.pdf>.

TRUJILLO, Carlos. *ESPE.* [En línea] 2019.
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/21025/1/T-IASA%20I-005500.pdf>.

VARELA, Andrea. *Implementación de un centro de acopio de hortalizas en el cantón Colta, provincia de Chimborazo.* [En línea] 20 de diciembre de 2018.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8810/1/03%20AGN%20046%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.



ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



COMUNIDAD: LA PRIMAVERA

PARROQUIA: JUAN DE VELASCO

PARÁMETRO	UNIDADE	MÉTODO/PROCEDIMIENT	RESULTAD	U(K=2	FECHA
Ph	-	PE-LSA-01	7,07	+/- 0,08	18 - 11 - 20
Color aparente	Upt-co	STANDARD METHODS 2120	8	N/A	18 - 11 -
Turbidez	NTU	STANDARD METHODS 2130	0,25	N/A	18 - 11 -
Oxígeno	mg O2/l	STANDARD METHODS	6,15	N/A	18 - 11 -
Sólidos Disueltos	mg/l	STANDARD METHODS 2540	263	N/A	18 - 11 - 20
Dureza Total	mg	STANDARD METHODS 2340	228	N/A	18 - 11 -
Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500	12,8	N/A	18 - 11 -
Hierro	mg/l	STANDARD METHODS 3500	< 0,01	N/A	18 - 11 -
Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500	34	N/A	18 - 11 -
Manganeso	mg/l	STANDARD METHODS 3500	< 0,1	N/A	18 - 11 -
Sabor	-	STANDARD METHODS	Inobjetable	N/A	18 - 11 -
Olor	-	STANDARD METHODS	Inobjetable	N/A	18 - 11 -
Coliformes	UFC/100	STANDARD METHODS 9221	< 1	N/A	18 - 11 -
Coliformes	UFC/100	STANDARD METHODS 9221	< 1	N/A	18 - 11 -

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.



ANEXO B: PRESUPUESTO TOTAL DE LA INVESTIGACIÓN

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Materiales para el aeropónico				
Bloques	#	300	0,12	36
Plástico	m2	58	1,25	72,5
Timer y automatización del riego	Unidades	1	280	280
Nebulizadores	Unidades	279	1,3	362,7
Manguera	M	87	0,15	13,05
Tanque plástico	#	1	25	25
Tablas	#	25	0,5	12,5
Plántulas de tomate	#	93	0,12	11,16
SUBTOTAL				812,91
Materiales para semihidropónicos				
Pastico	m2	87	1,25	108,75
Cable metálico	Rollo	1	40	40
Plántulas de tomate	#	186	0,12	22,32
Grapas	Caja	0,5	5	2,5
Clavos	Lb	3	1	3
Tanque plástico	Unidades	1	25	25
Piola para amarrar	Rollo	0,5	4,5	2,25
Arena	Sacos	10	1,2	12
Pomina	Sacos	10	0,9	9
Cascarilla de arroz	Sacos	10	0,85	8,5
Cinta de riego	M	175	0,06	10,33
SUBTOTAL				243,65
Insumos para fertirriego y fertilización foliar				
13-40-13	Kg	15	4,95	74,25
18-18-18	Kg	15	4,95	74,25
Nitrato de Calcio	Lb	65	0,55	35,75
Nitrato de Potasio	Lb	50	0,65	32,5
Sulfato de Magnesio	Lb	75	0,35	26,25
Fosfato mono potásico	Lb	20	1	20
Quelato de Fe	Kg	1	9,5	9,5
Quelato de Mn	Kg	0,5	9,5	4,75
Bayfolán	L	1	6,90	6,90
Biotrac	L	1	13,850	13,85
SUBTOTAL				298,00
Otros insumos				
Ácido fosfórico	L	0,25	11,85	2,96
Agua destilada	L	1	1,15	1,15
SUBTOTAL				4,11
Controles fitosanitarios				
Agronutri total	Cc	1000	18,49	18,49
Hortisec	G	75	1,5	1,5
New mectín	Cc	100	8,9	8,90
Protón	Cc	250	5	5
Nimrod	Cc	250	8,9	8,9
SUBTOTAL				42,79
Labores culturales				
Mano de obra	Jornal	3	10,00	30,00
SUBTOTAL				30,00
Total				1431,46

ANEXO C: ADEVA PARA EL DIÁMETRO ECUATORIAL DE LOS FRUTOS

F.V.	Gl	F	p-valor	Sig.
Modelo.	14	1,12	0,4257	*
Bloques	2	0,01	0,9945	Ns
Sustratos	2	0,12	0,8899	Ns
Error A	4	2,74	0,0788	Ns
F. foliar	2	0,31	0,7382	Ns
Sustratos*F. foliar	4	0,86	0,5162	Ns
Error	12			
Total	26			
CV	2.68			

p-valor > 0,05 ns: No significativo

p-valor > 0,01 y < 0,05 *: Significativo

p-valor < 0,01 **: Altamente significativo

Realizado por: Villalba, 2022

ANEXO D: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL DIÁMETRO POLAR DE LOS FRUTOS

F.V.	Gl	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	0,34	0,7301	ns
Sustratos	2	0,18	0,84	ns
Error A	4	3,11	0,057	ns
F. foliar	2	0,48	0,6292	ns
Sustratos*F. foliar	4	1,03	0,4317	ns
Error	12			
Total	26			
CV	1,77			

p-valor > 0,05 ns: No significativo

p-valor > 0,01 y < 0,05 *: Significativo

p-valor < 0,01 **: Altamente significativo

Realizado por: Villalba, 2022

ANEXO E: ANOVA PARA LA PRIMERA CATEGORÍA DE FRUTOS

F.V.	Gl	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	0,48	0,6518	ns
Sustratos	2	0,32	0,7415	ns
Error A	4	5,34	0,0105	*
F. foliar	2	0,45	0,6497	ns
Sustratos * F. foliar	4	2,41	0,1064	ns
Error	12			
Total	26			
CV	4,13			

p-valor > 0,05 ns: No significativo

p-valor > 0,01 y < 0,05 *: Significativo

p-valor < 0,01 **: Altamente significativo

Realizado por: Villalba, 2022

ANEXO F: ANÁLISIS DEL ANOVA PARA LA SEGUNDA CATEGORÍA

F.V.	Gl	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	1,94	0,2582	ns
Sustratos	2	0,21	0,8171	ns
Error A	4	2,16	0,1359	ns
F. foliar	2	0,03	0,9693	ns
Sustratos * F. foliar	4	0,68	0,6161	ns
Error	12			
Total	26			
CV	5.02			

p-valor > 0,05 ns: No significativo

p-valor > 0,01 y < 0,05 *: Significativo

p-valor < 0,01 **: Altamente significativo

Realizado por: Villalba, 2022

ANEXO G: ANÁLISIS DEL ANOVA PARA LA TERCERA CATEGORÍA

F.V.	Gl	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	0,45	0,6666	ns
Sustratos	2	0,64	0,5742	ns
Error A	4	4,99	0,0133	*
F. foliar	2	1,4	0,2835	ns
Sustratos*F.				
foliar	4	0,38	0,8205	ns
Error	12			
Total	26			
C V	5.89			

p-valor > 0,05 ns: No significativo

p-valor > 0,01 y < 0,05 *: Significativo

p-valor < 0,01 **: Altamente significativo

Realizado por: Villalba, 2022

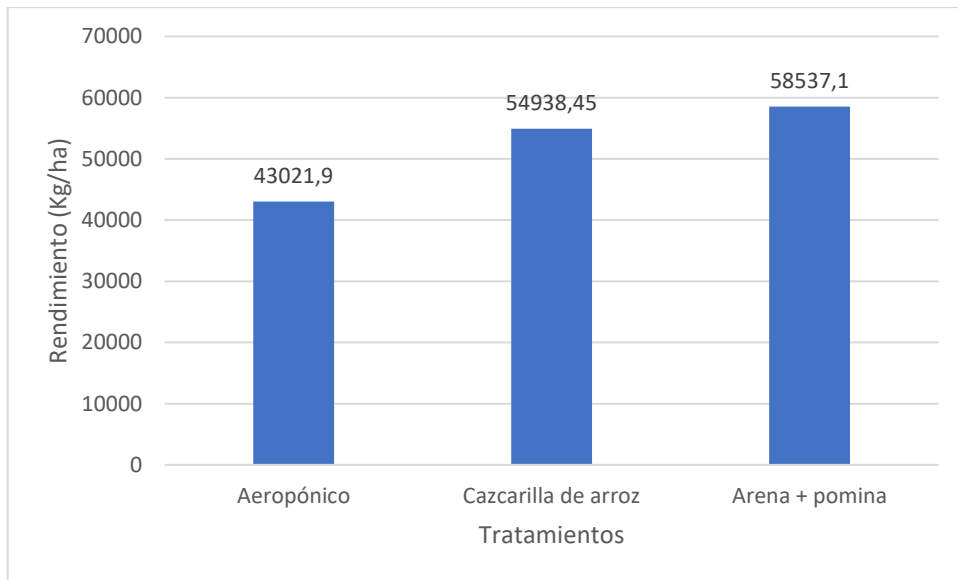
ANEXO H: RENDIMIENTO EN KG POR PLANTA

Rendimiento (kg/planta)			
Tratamientos	R1	R2	R3
A1B1	1,22	1,32	1,23
A1B2	1,29	1,25	1,32
A1B3	1,02	1,11	1,08
A2B1	1,44	1,71	1,70
A2B2	1,87	1,80	1,95
A2B3	1,66	1,26	1,36
A3B1	1,67	1,54	1,61
A3B2	1,67	1,67	1,59
A3B3	1,40	1,16	1,53

Realizado por: Villalba, 2022

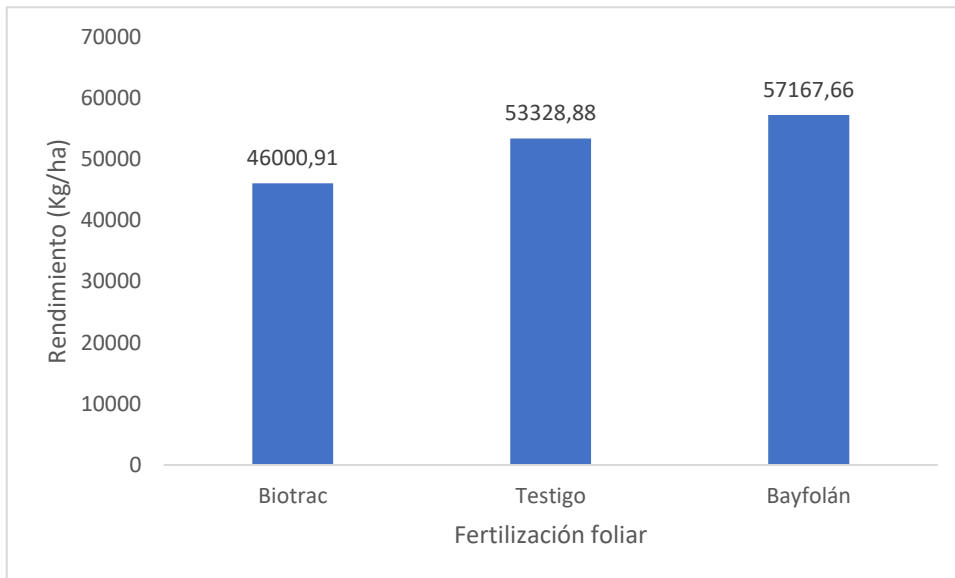
ANEXO I: GRÁFICO DE RENDIMIENTO EN KG/HA RELACIONADO A LOS SUSTRATOS Y FERTILIZACIÓN FOLIAR

- Gráfico de rendimiento de acuerdo a los sustratos



Realizado por: Villalba, 2022

- Gráfico de rendimiento de acuerdo a la fertilización foliar



Realizado por: Villalba, 2022

ANEXO J: TABLA DE LA RELACIÓN BENEFICIO – COSTO

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	INGRESOS NETOS	COSTOS	R B/C
Aeroponía - Testigo	A1B1	41,39	104,2	0,40
Aeroponía - Bayfolán	A1B2	42,55	104,2	0,41
Aeroponía - Biotrac	A1B3	35,34	104,2	0,34
Arena + pomina - Testigo	A2B1	53,45	27,42	1,95
Arena + pomina - Bayfolán	A2B2	61,69	27,42	2,25
Arena + pomina - Biotrac	A2B3	47,14	27,42	1,72
Cascarilla de arroz - Testigo	A3B1	53,01	27,42	1,93
Cascarilla de arroz - Bayfolán	A3B2	54,25	27,42	1,98
Cascarilla de arroz - Biotrac	A3B3	45,05	27,42	1,64

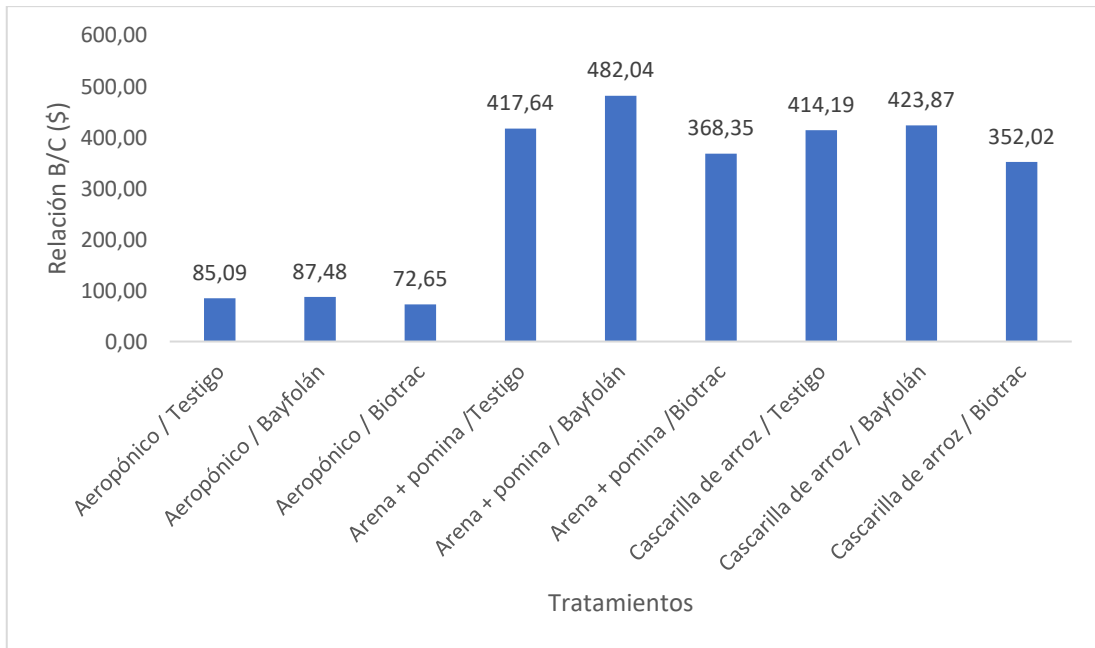
Realizado por: Villalba, 2022

ANEXO K: TABLA DE LA RELACIÓN BENEFICIO – COSTO PROYECTADO A UNA HECTÁREA

Tratamientos	Rendimiento (Kg/ha)	Ingresos	Egresos	R B/C
A1B1	134353,52	147788,87	1736,81	85,09
A1B2	138129,85	151942,84	1736,81	87,48
A1B3	114713,73	126185,11	1736,81	72,65
A2B1	173519,89	190871,88	457,02	417,64
A2B2	200274,54	220301,99	457,02	482,04
A2B3	153039,49	168343,44	457,02	368,35
A3B1	172086,49	189295,14	457,02	414,19
A3B2	176104,58	193715,04	457,02	423,87
A3B3	146254,95	160880,44	457,02	352,02

Realizado por: Villalba, 2022

ANEXO L: GRÁFICO DE LA RELACIÓN BENEFICIO – COSTO, PROYECTADA A UNA HECTÁREA



Realizado por: Villalba, 2022



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 22 / 08 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Beatriz Isabel Villalba Cuadrado
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos de Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniera Agrónoma
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

D. Cristhian F. Ruiz
Ing. Cristhian Fernando Castillo



1488-DBRA-UTP-2022