



**Curvas de extracción nutrimental en el cultivo de tomate riñón, híbrido Etereí con fertilizantes  
complejos y convencionales**

Damián Yuquilema, Mishell Alexandra

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal, Mgtr.

26 de enero del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

### Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **Curvas de extracción nutrimental en el cultivo de tomate riñón, híbrido Etereí con fertilizantes complejos y convencionales** fue realizado por la señorita: **Damian Yuquilema, Mishell Alexandra**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 26 de enero del 2023



Firmado electrónicamente por:  
**PABLO ANIBAL  
LANDAZURI ABARCA**

**Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal, Mgtr.**

C.C.: 170826234-8

## Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

1/26/23, 11:04 AM

MISHELL ALEXANDRA DAMIAN YUQUILEMA-TESIS

### Informe de originalidad

---

NOMBRE DEL CURSO

TESIS 2023 UTITULACIÓN

NOMBRE DEL ALUMNO

MISHELL ALEXANDRA DAMIAN YUQUILEMA

NOMBRE DEL ARCHIVO

MISHELL ALEXANDRA DAMIAN YUQUILEMA - TESIS

SE HA CREADO EL INFORME

26 ene 2023

---

#### Resumen

Fragmentos marcados	23	4 %
Fragmentos citados o entrecomillados	23	3 %

#### Coincidencias de la Web

espe.edu.ec	31	5 %
scielo.org.mx	3	0,4 %
uce.edu.ec	2	0,4 %
scielo.org	2	0,3 %
docplayer.es	1	0,3 %
fitosansa.com	2	0,3 %
uta.edu.ec	1	0,2 %
utc.edu.ec	2	0,2 %
juntadeandalucia.es	1	0,1 %
nih.gov	1	0,1 %

---



Firmado electrónicamente por:  
PABLO ANIBAL  
LANDAZURI ABARCA

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal, Mgtr.

C. C.: 170826234-8



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Damián Yuquilema, Mishell Alexandra**, con cédula de ciudadanía No. 171852597-3, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Curvas de extracción nutrimental en el cultivo de tomate riñón, híbrido Etereí con fertilizantes complejos y convencionales** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 26 de enero del 2023

.....  
**Damián Yuquilema, Mishell Alexandra**

C.C.:171852597-3



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

**Autorización de Publicación**

Yo, **Damián Yuquilema Mishell Alexandra**, con cédula de ciudadanía No. 171852597-3, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Curvas de extracción nutrimental en el cultivo de tomate riñón, híbrido Etereí con fertilizantes complejos y convencionales** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 26 de enero del 2023

.....  
**Damián Yuquilema, Mishell Alexandra**

C.C.:171852597-3

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de investigación a Dios por haberme dado la vida, la sabiduría que me ha permitido llegar hasta esta etapa en mi vida profesional, por todas las bendiciones recibidas y por darme esa fuerza para seguir adelante.

A mi madre que, desde el cielo, ha sido siempre el motor que impulsa mi vida para cumplir con cada uno de mis objetivos, por todo el amor que me brindo y los valores que siempre me inculco, siendo mi motivación más grande para culminar con este trayecto.

A mi familia en especial a mis tíos Inés, Marcelo y Leopoldo que siempre me han dado una palabra de aliento velando por mi bienestar siendo mi apoyo incondicional, por brindarme sus sabios consejos confiando en mi capacidad e inteligencia para superar cada reto, a mis primos Jonathan y Ayleen que son como mis hermanos por todo su cariño.

Y finalmente a Michelle C. y Andrés V. por su apoyo incondicional quienes de una u otra forma siempre me han brindado su apoyo y consejos para mi crecimiento personal y profesional.

## **Agradecimiento**

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y la Facultad de Ingeniería Agropecuaria por permitirme prepararme en esta noble institución contribuyendo a mi desarrollo profesional.

A mis docentes por sus enseñanzas a lo largo de mi formación académica y en particular al Ingeniero Pablo Landázuri, mi tutor de tesis, quien ha guiado con integridad, paciencia y su amplio conocimiento este trabajo de investigación.

A la empresa ECUAQUIMICA por la confianza otorgada, en especial a los Ingenieros Darío Barona Mauricio Bustillos y Patricio Salazar por ser una guía durante el desarrollo de este proyecto por sus conocimientos y experiencia, también agradezco que me hayan proporcionado los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades presentadas en el desarrollo de esta investigación.

Al CIP por brindarme su total cooperación para el establecimiento del proyecto en todas sus fases dentro de sus instalaciones, a sus técnicos y personal de apoyo.

Al laboratorio del CENCINAT a cargo del Doctor Luis Cumbal y en especial a la Ingeniera Carina Stael por facilitarme todas las herramientas necesarias para el desarrollo de este trabajo.

## Índice de contenidos

<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>Certificación.....</b>	<b>2</b>
<b>Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de Autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de Publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de contenidos .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>12</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>14</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>16</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>18</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>18</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>19</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>21</b>
<b>Objetivo General.....</b>	<b>21</b>
<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>21</b>
<b>Hipótesis .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>23</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>23</b>
<b>Generalidades del Cultivo de Tomate .....</b>	<b>23</b>
<b>Variedades .....</b>	<b>23</b>
<b>Variedades de Crecimiento Indeterminado .....</b>	<b>24</b>



Requerimientos climáticos .....	24
Requerimientos Hídricos .....	25
Requerimientos Edáficos .....	26
Necesidades de Fertilización.....	27
Macronutrientes.....	27
Nitrógeno .....	28
Fósforo.....	28
Potasio .....	28
Calcio .....	28
Fertilizantes.....	29
Fertilizantes Complejos.....	29
Fertilizante Convencional.....	29
Fertirrigación.....	30
Sistema de Riego Localizado .....	30
Automatización del Sistema de Fertirrigación .....	30
Solución Nutritiva .....	30
Curvas de Extracción .....	31
Curva de Crecimiento.....	32
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>33</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>33</b>
Ubicación del Sitio de Estudio.....	33
Manejo del Suelo Previo a la Siembra.....	33
Análisis del Suelo.....	33
Análisis del Agua de Riego.....	34
Manejo del cultivo .....	35
Riego.....	35

Fertilización.....	35
Fertilización con Fertilizantes Complejos NUTRIQUIMICA EQ.....	36
Fertilización con Fertilizantes Convencionales.....	38
Labores Culturales .....	39
Cosecha.....	39
Control de Plagas y Enfermedades .....	39
Diseño Experimental.....	40
Variables de Estudio.....	41
Curvas de Crecimiento .....	41
Determinación de Nitrógeno .....	41
Determinación de Potasio y Calcio por Absorción Atómica y Fósforo.....	42
Extracción Total y Frecuencia de Absorción .....	43
Relación entre el Crecimiento y Extracción Total.....	43
Análisis Estadístico.....	43
Análisis Beneficio/Costo .....	44
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>45</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>45</b>
Curvas de Crecimiento .....	45
Curvas de Extracción de Nutrientes.....	47
Nitrógeno.....	47
Fósforo.....	49
Potasio.....	51
Calcio .....	53
Extracción Total.....	56
Fertilización Compleja (NUTRIQ EQ) .....	56
Fertilización Convencional (CONV) .....	58

Relación del Crecimiento y Absorción de N, P, K y Ca.....	61
Nitrógeno .....	61
Fósforo.....	61
Potasio .....	62
Calcio .....	63
Rendimiento.....	64
Análisis Económico.....	65
Discusión.....	66
Curvas de Crecimiento y Extracción de Nutrientes.....	66
Rendimiento .....	68
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>70</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>70</b>
Conclusiones .....	70
Recomendaciones.....	70
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>71</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Necesidades hídricas del cultivo de tomate riñón en cada estado de desarrollo bajo invernadero. ....	25
<b>Tabla 2</b> Parámetros físicos del suelo para establecer un cultivo de tomate riñón ( <i>Solanum lycopersicum</i> ). ....	26
<b>Tabla 3</b> Parámetros químicos del suelo para establecer un cultivo de tomate riñón ( <i>Solanum lycopersicum</i> ). ....	26
<b>Tabla 4</b> Contenidos apropiados de nutrientes en porcentaje en hojas de tomate riñón. ....	27
<b>Tabla 5</b> Resultados del análisis del suelo inicial. ....	33
<b>Tabla 6</b> Resultados del análisis del agua inicial. ....	34
<b>Tabla 7</b> Concentración de la solución nutritiva para el cultivo de tomate en suelo, en sus tres etapas de desarrollo y volumen de riego requerido. ....	36
<b>Tabla 8</b> Concentraciones g/200 litros del fertilizante NUTRIQUIMICA EQ. ....	36
<b>Tabla 9</b> Concentración g/200 litros de los fertilizantes convencionales. ....	38
<b>Tabla 10</b> Clasificación del tomate de acuerdo con el diámetro ecuatorial. ....	39
<b>Tabla 11</b> Productos utilizados en el control de plagas y enfermedades. ....	40
<b>Tabla 12</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de la absorción del nitrógeno evaluado en kg. ha <sup>-1</sup> a los 30, 60, 90, 120, 150 DDT, en cada órgano de la planta de tomate riñón. ....	48
<b>Tabla 13</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de la absorción del fósforo evaluado en kg. ha <sup>-1</sup> a los 30, 60, 90, 120, 150 DDT, en cada órgano de la planta de tomate riñón. ....	50
<b>Tabla 14</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de la absorción del potasio evaluado en kg. ha <sup>-1</sup> a los 30, 60, 90, 120, 150 DDT, en cada órgano de la planta de tomate riñón. ....	52
<b>Tabla 15</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de la absorción del calcio evaluado en kg. ha <sup>-1</sup> a los 30, 60, 90, 120, 150 DDT, en cada órgano de la planta de tomate riñón. ....	54
<b>Tabla 16</b> Absorción total de nutrientes (N, P, K, Ca) en kg. ha <sup>-1</sup> por órgano de la planta de tomate riñón híbrido Etereí durante 150 DDT, con fertilizantes complejos T1 (NUTRIQ EQ). ....	56

<b>Tabla 17</b> Acumulación relativa de N, P K, Ca en tomate riñón híbrido Etereí con fertilizantes complejos (NUTRIQ EQ) durante 150 DDT. ....	58
<b>Tabla 18</b> Absorción total de nutrientes (N, P, K, Ca) en kg. ha <sup>-1</sup> por órgano de la planta de tomate riñón híbrido Etereí durante 150 DDT, con fertilizantes convencionales T2 (CONVEN).....	59
<b>Tabla 19</b> Acumulación relativa de N, P K, Ca en tomate riñón híbrido Etereí con fertilizantes convencionales (CONV) durante 150 DDT.....	60
<b>Tabla 20</b> Rendimiento para tomate riñón híbrido Etereí con fertilización compleja T1 (NUTRIQ EQ) y fertilización convencional (CONV). ....	64
<b>Tabla 21</b> Peso y grados brix dado para cada categoría en el cultivo de tomate riñón híbrido Etereí con fertilización compleja T1 (NUTRIQ EQ) y fertilización convencional (CONV). ....	65
<b>Tabla 22</b> Análisis económico beneficio/costo para la evaluación de la productividad del cultivo de tomate riñón híbrido Etereí con fertilización compleja (NUTRIQ EQ) T1 y fertilización convencional (CONV) T2.....	65

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	Disposición de los tratamientos en campo.....	41
<b>Figura 2</b>	Curva de crecimiento comparativa total entre los tratamientos T1: Fertilización compleja (NUTRIQ EQ) y T2: Fertilización convencional (CONV). .....	45
<b>Figura 3</b>	Curvas de crecimiento en peso seco de plantas de tomate riñón (kg. ha <sup>-1</sup> ) en las diferentes partes de la planta, durante 150 DDT. Raíz (a), tallo (b), hojas(c), flores (d) y fruto(e). .....	46
<b>Figura 4</b>	Curvas de absorción de nitrógeno en plantas de tomate riñón (kg. ha <sup>-1</sup> ), en las diferentes partes de la planta, durante 150 DDT. Raíz (a), tallo (b), hojas(c), flores (d), fruto(e).....	49
<b>Figura 5</b>	Curvas de absorción de fósforo en plantas de tomate riñón (kg. ha <sup>-1</sup> ), en las diferentes partes de la planta, durante 150 DDT. Raíz (a), tallo (b), hojas(c), flores (d), fruto(e).....	51
<b>Figura 6</b>	Curvas de absorción de potasio en plantas de tomate riñón (kg. ha <sup>-1</sup> ), en las diferentes partes de la planta, durante 150 DDT. Raíz (a), tallo (b), hojas(c), flores (d), fruto(e).....	53
<b>Figura 7</b>	Curvas de absorción de calcio en plantas de tomate riñón (kg. ha <sup>-1</sup> ), en las diferentes partes de la planta, durante 150 DDT. Raíz (a), tallo (b), hojas(c), flores (d), fruto(e).....	55
<b>Figura 8</b>	Acumulación porcentual de nutrientes (N, P, K y Ca) por cada órgano de la planta de tomate riñón híbrido Etereí con fertilizantes complejos (NUTRIQ EQ).....	57
<b>Figura 9</b>	Acumulación porcentual de nutrientes (N, P, K y Ca) por cada órgano de la planta de tomate riñón híbrido Etereí con fertilizantes convencional (CONV).....	59
<b>Figura 10</b>	Curvas de relación entre la extracción total de nitrógeno y el crecimiento en plantas de tomate riñón híbrido Etereí con dos tipos de fertilización T1: fertilizantes complejos (NUTRIQ EQ) y T2: fertilizantes convencionales (CONV), durante 150 DDT. ....	61
<b>Figura 11</b>	Curvas de relación entre la extracción total de fósforo y el crecimiento en plantas de tomate riñón híbrido Etereí con dos tipos de fertilización T1: fertilizantes complejos (NUTRIQ EQ) y T2: fertilizantes convencionales (CONV), durante 150 DDT. ....	62

**Figura 12** Curvas de relación entre la extracción total de potasio y el crecimiento en plantas de tomate riñón híbrido Etereí con dos tipos de fertilización T1: fertilizantes complejos (NUTRIQ EQ) y T2: fertilizantes convencionales (CONV), durante 150 DDT. .... 63

**Figura 13** Curvas de relación entre la extracción total de calcio y el crecimiento en plantas de tomate riñón híbrido Etereí con dos tipos de fertilización T1: fertilizantes complejos (NUTRIQ EQ) y T2: fertilizantes convencionales (CONV), durante 150 DDT. .... 64

## Resumen

El estudio de la absorción de nutrientes es una herramienta útil para entender cómo las plantas obtienen y utilizan los nutrientes del suelo y para determinar cuánto fertilizante debe aplicarse para satisfacer las necesidades nutricionales de la planta. Con la finalidad de obtener esta información se determinó las curvas de extracción de N, P, K y Ca para las diferentes partes de la planta (raíz, tallo, hojas, flores, frutos); bajo el efecto de dos tipos de fertilizantes: fertilizantes complejos (NUTRIQUIMICA EQ) y convencionales (CONV) y su relación con el crecimiento en el cultivo de tomate riñón híbrido Etereí. La presente investigación se realizó en las instalaciones del Centro Internacional de la Papa (CIP) ubicado en la Estación Experimental Santa Catalina, parroquia Cutuglagua, cantón Mejía, provincia de Pichincha. El experimento se realizó mediante un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro repeticiones por tratamiento, se usó una prueba de comparación Duncan para la validación estadística. Se realizaron muestreos a los 30, 60, 90, 120 y 150 días después del trasplante. Las curvas de extracción mostraron que el potasio es el elemento que más se absorbió (T1: 301,2kg. ha<sup>-1</sup>; T2: 229,17 kg. ha<sup>-1</sup>), seguido del nitrógeno (T1: 229,74 kg. ha<sup>-1</sup>, T2: 158,83 kg. ha<sup>-1</sup>) y calcio (T1: 142,72 kg. ha<sup>-1</sup>, T2: 100,62 kg. ha<sup>-1</sup>) encontrándose durante las primeras etapas de crecimiento de la planta que la hoja y el tallo son los órganos que muestran mayor acumulación de nutrientes y en etapas finales del cultivo son el fruto y las hojas. Además, la relación del crecimiento con la absorción de nutrientes es mayor a medida que el cultivo crece. Se obtuvo que el rendimiento fue de 4,68 kg. planta<sup>-1</sup> y 28, 67 kg.m<sup>-2</sup> para el tratamiento T1 (NUTRIQ EQ) mientras que para el tratamiento T2 (CONV) se obtuvo 4,08 kg. planta<sup>-1</sup> y 26, 11 kg.m<sup>-2</sup>. El número total de frutos por planta fue de 33,45 y 30,46 frutos. planta<sup>-1</sup> respectivamente. La mejor relación beneficio/costo se registró el tratamiento T1 fertilización compleja (NUTRIQ EQ) con 0,40.

**Palabras clave:** tomate riñón híbrido Etereí, fertilización, curva de crecimiento, curva de extracción.



## Abstract

The study of nutrient absorption is a useful tool for understanding how plants obtain and use nutrients from the soil and for determining how much fertilizer should be applied to meet the plant's nutritional needs. To obtain this information, the N, P, K, and Ca extraction curves were determined for different parts of the plant (root, stem, leaves, flowers, fruits) under the effect of two types of fertilizers: complex fertilizers (NUTRIQUIMICA EQ) and conventional fertilizers (CONV) and their relationship with growth in the cultivation of tomato hybrid Etereí. The research was carried out at the International Potato Center (CIP) located at the Santa Catalina Experimental Station, Cutuglagua parish, Mejía district, Pichincha province. The experiment was carried out using a completely randomized design (DCA), with four replicates per treatment, and a Duncan comparison test for statistical validation. Samplings were made at 30, 60, 90, 120 and 150 days after transplanting.

The extraction curves showed that potassium is the most absorbed element (T1: 301.26 kg.ha<sup>-1</sup>, T2: 229.17 kg.ha<sup>-1</sup>), followed by nitrogen (T1: 229.74 kg.ha<sup>-1</sup>, T2: 158.83 kg.ha<sup>-1</sup>) and calcium (T1: 142.72 kg.ha<sup>-1</sup>, T2: 100.62 kg.ha<sup>-1</sup>) being during the first stages of plant growth that the leaf and stem are the organs that show greater accumulation of nutrients and at final stages of the crop are the fruit and leaves. Additionally, the relationship of growth with nutrient absorption is greater as the crop grows. It was found that the yield was 4.68 kg. plant<sup>-1</sup> and 28.67 kg.m<sup>-2</sup> for treatment T1 (NUTRIQ EQ) while for treatment T2 (CONV) it was 4.08 kg. plant<sup>-1</sup> and 26.11 kg.m<sup>-2</sup>. The total number of fruits per plant was 33.45 and 30.46 fruits. plant<sup>-1</sup> respectively. The best benefit/cost ratio was recorded for treatment T1 complex fertilization (NUTRIQ EQ) with 0.40.

**Keywords:** tomato riñón hybrid Etereí, fertilization, growth curve, extraction curve.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

El cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) perteneciente a la familia Solanaceae es una de las hortalizas más producidas a nivel mundial ya sea a campo abierto o bajo invernadero. Debido a sus propiedades nutricionales, vitamina A y C, fuente de licopeno además bajo en calorías es considerado un alimento de vital importancia en la dieta de las personas alrededor del mundo, Escalona *et al.* (2009). Es una planta originaria de América del Sur de la región Andina de Perú, Bolivia, Colombia, Chile y Ecuador existiendo gran variabilidad genética de plantas silvestres en esta zona, sin embargo, su domesticación fue en México. La conquista de América por parte de los españoles difundió este cultivo por el mundo, López (2017).

La producción del cultivo de tomate bajo invernadero permite tener un mejor control de parámetros biológicos y ambientales obteniendo mayor calidad y rendimiento de frutos, Salas *et al.* (2020). Sin embargo, debido a prácticas inadecuadas de nutrición y fertilización, limitaciones del uso de suelos ácidos, degradados y salinos afectan la producción, Zambrano *et al.* (2021). Bajo esta situación, la producción de tomate bajo invernadero representa una alternativa viable, Salas *et al.* (2020).

La planta de tomate necesita de varios nutrientes para su adecuado crecimiento, en varias ocasiones el suelo no provee de las cantidades necesarias para soportar el crecimiento vigoroso y obtener una alta producción, Silva (2015). Para cubrir las necesidades nutrimentales del tomate se utilizan soluciones nutritivas. Existen diferentes formulaciones que se utilizan con la finalidad de mejorar la producción y calidad de los cultivos debido a que la demanda nutrimental difiere con la especie, Cruz *et al.* (2017). Entre las soluciones nutritivas más utilizadas se encuentra Steiner, Flores *et al.* (2017) no obstante, Castellano (2009), propuso una solución nutritiva de macronutrientes específica para el cultivo de tomate, la cual incluye  $\text{NH}_4^+$ , además contiene una mayor concentración de P, K y  $\text{SO}_4^{2-}$ , Luna *et al.* (2018).

Las plantas extraen del suelo los nutrientes en forma variable, los elementos extraídos deben reponerse constantemente para evitar la pérdida de fertilidad y degradación de los suelos. Para aportar nutrientes al suelo es necesario implementar un plan de fertilización, el cual se debe aplicar de acuerdo con las necesidades del cultivo, Gandica y Peña (2015). Para un adecuado uso de recursos y para obtener un mejor rendimiento del cultivo, las curvas de absorción de nutrientes y de crecimiento se presentan como una herramienta que permite fortalecer los programas de fertilización al comprender la cantidad de nutrientes aplicados a las plantas y la cantidad absorbida por estos, para producir un determinado rendimiento, Bertsch (2009).

Una de las ventajas de este tipo de investigación es la capacidad de detectar qué tejido de la planta acumula preferentemente un nutriente y utilizar esta información para determinar si el elemento saldrá del sistema con el producto cosechado o podrá ser reciclado en el medio. Permitiendo de esta manera realizar un ajuste más preciso entre la aplicación y el consumo del nutriente, al conocer los momentos de máxima absorción según el cultivar, afinando el cuándo y cuánto aplicar de lo que la planta necesita. Estos aspectos son muy importantes sobre todo en cultivos de ciclo corto y de fertilización intensiva con fertirrigación, Gandica y Peña (2015).

Para que la nutrición vía fertirriego cumpla con las expectativas deben usar fertilizantes altamente hidrosolubles y en cantidades adecuadas en función de la etapa fenológica del cultivo, Padilla (2011). Los estudios sobre nutrición en el cultivo de tomate riñón particularmente del híbrido Etereí en Ecuador son escasos. Por lo cual, se pretende generar las curvas de extracción nutrimental en el cultivo de tomate riñón con la finalidad de comparar la fertilización con fertilizantes grado técnico complejo (NUTRIQUIMICA EQ) y con productos convencionales, estableciendo las épocas apropiadas de fertilización, para establecer programas de fertilización adecuados mejorando la rentabilidad del tomate cultivado bajo invernadero.

### **Justificación**

En la actualidad el consumo de tomate riñón ha incrementado su demanda debido a su alto contenido nutricional lo que lo hace uno de los principales productos hortícolas. Según la FAO (2021)

manifiesta que la producción mundial en fruta fresca de tomate es alrededor de 189 millones de toneladas producidas en 5 millones de hectáreas en más de 160 países. En Ecuador se reporta el área de cosecha de 1650 hectáreas con rendimientos de 33508 kilogramos por hectárea y 55277 toneladas al año, FAO (2021). Entre las principales provincias que se dedican a la producción del cultivo se tiene Manabí, Cotopaxi, Carchi, Imbabura, Azuay, Loja, Santo Domingo, Guayas, Pichincha, Cañar y Chimborazo, ESPAC-INEC (2021).

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es un cultivo de gran importancia a nivel mundial por su volumen de producción y aceptación en el mercado en fresco, procesado, salsas entre otros. En el Ecuador se produce el tomate riñón industrial y el de mesa, Reyes *et al.* (2021). La producción mundial está en constante crecimiento debido a la aplicación de nuevas tecnologías por parte de los productores, Feicán *et al.* (2018). Sin embargo, la producción de tomate recurre al uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas para el control de enfermedades y plagas, ocasionando desbalances nutricionales, efectos sobre el pH de los suelos y pérdida de microorganismos benéfico, Múnera (2015). Debido a que no se sigue un plan de fertilización adecuado que permita suplir las necesidades reales de consumo de nutrientes del cultivo durante todo su ciclo de producción, Quesada y Bertsch (2013).

La demanda de nutrientes permite el conocimiento de las necesidades nutrimentales reales de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo permitiendo establecer programas de fertilización más equilibrados y maximizando la eficiencia de la fertilización durante el ciclo del cultivo, Bertsch (2003). Es primordial implementar técnicas de fertirriego, Duarte *et al.* (2010). La construcción de curvas de extracción permite realizar programas de fertilización más confiables en cultivos de alto valor económico, Azofeifa y Moreira (2005).

Se han realizado algunos estudios sobre curvas de extracción de nutrientes en diferentes variedades de tomate como IDIAP –T7 y IDIAP T8 en Panamá, Castro & Villarreal (2020); la variedad Alborán en Honduras, Saravia (2004); híbridos de tomate como FB-17 en Costa Rica, Quesada y Bertsch (2013), o el híbrido Silverado en Guatemala, Astrid (2015).

Con lo citado anteriormente y debido a la falta de información nutricional específica en lo que respecta al híbrido Etereí existe muy poco conocimiento sobre el requerimiento nutricional en las diferentes etapas fenológicas, haciendo que las curvas de extracción sean muy útiles para establecer programas de fertilización con ajustes más precisos que permitan incrementar la producción, conocer la demanda real de nutrientes de acuerdo a cada etapa fenológica del cultivo y realizar un manejo adecuado en la parte nutricional, contribuyendo a mejorar la economía de los productores que se dedican a la producción de este cultivo.

Ante esta situación el presente proyecto de investigación pretende determinar la dinámica de absorción de nutrientes en el cultivo de tomate, mediante la elaboración de curvas de extracción de macronutrientes N, P, K y Ca con el propósito de realizar una comparación de la fertilización con productos convencionales y fertilizantes grado técnico complejo (NUTRIQUIMICA EQ) bajo invernadero para implementar programas de fertilización apropiados.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Generar las curvas de extracción nutrimental del cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) híbrido Etereí.

### ***Objetivos Específicos***

- Determinar los niveles de N, P, K y Ca en raíz, tallos, hojas, flores, frutos durante el desarrollo fenológico del tomate híbrido Etereí con fertilizantes complejos (NUTRIQUIMICA EQ) y convencionales.
- Establecer la relación entre el crecimiento y absorción de N, P, K y Ca mediante curvas, para determinar el momento más adecuado de aplicación del fertilizante.
- Determinar el tratamiento más económico para el desarrollo del cultivo.

## **Hipótesis**

**H0:** Los niveles de nutrientes en tomate riñón fertilizados con fertilizantes complejos (NUTRIQUIMICA EQ) son similares a los tomates fertilizados con productos convencionales.

**H1:** Los niveles de nutrientes en tomate riñón fertilizados con fertilizantes complejos (NUTRIQUIMICA EQ) son mayores a los tomates fertilizados con productos convencionales.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### Generalidades del Cultivo de Tomate

El tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) es una planta nativa de América, de la región Perú-Ecuador, y desde allí se extendió a Centro y Sudamérica. En un principio se utilizaba como planta ornamental, se introdujo en Europa en el siglo XVI, y se sabe que a mediados del siglo XVIII se cultivaba como alimento en Italia. Su alto contenido en vitaminas hace que el fruto del tomate sea una verdura básica muy utilizada en la dieta mundial en la actualidad, se consume ya sea fresco o industrializado, INTA y FAO (2010).

El tomate riñón pertenece a la familia Solanaceae, género *Solanum*, a la especie *lycopersicum*. Es una planta dicotiledónea, herbácea y perenne, López (2017). El tomate posee un sistema radicular frondoso alcanzando profundidades hasta los 60 cm, que se alarga de 2 a 3 cm al día, Roselló y Porcuna (2012). El tallo tiene un diámetro de 2 a 4 cm en la base, es de consistencia herbácea, debido a esto es necesario el empleo de tutores, Jaramillo *et al.* (2013). Las hojas se disecan pinnadamente con 2 a 6 pares de foliolos opuestos, sésiles y peciolados, Passam *et al.* (2007). Las flores constan de 5 a 6 sépalos además cuentan con más de 5 pétalos dispuestos de forma helicoidal, y un ovario plurilocular, se agrupan en inflorescencias de tipo racemoso, López (2017). El fruto una baya globular, aplastada y ovoide alcanza un peso en estado de madurez que oscila entre 5 a 500 gr en función de la variedad, está constituido por pericarpio, tejido placentario y semillas. La semilla es pequeña, con forma lenticular de 3 a 5 mm de diámetro y está compuesta por embrión, endospermo y testa, Vallejo y Salazar (2004).

#### Variedades

Las variedades se pueden clasificar por: habito de crecimiento (determinadas e indeterminadas), tiempo de producción (tempranas, intermedias y tardías); porte de la planta (normales y pequeñas), tipo de maduración del fruto (uniforme y estándar) y utilización de los frutos, Acosta (2016).

### **Variedades de Crecimiento Indeterminado**

Escalona *et al.* (2009) afirma que la planta de tomate riñón de crecimiento indeterminado posee un desarrollo extensivo, postrado, desordenado. Presentan inflorescencias laterales y su crecimiento vegetativo es continuo, la floración, fructificación y cosecha se extiende por periodos largos tiene la yema terminal del tallo vegetativa y posee más de tres hojas entre cada inflorescencia a lo largo del tallo, Zeidan (2005).

La producción de tomate bajo invernadero o cubierta se basa principalmente en la siembra de variedades híbridas; estas semillas son desarrolladas por mejoradores genéticos especialistas y vendidas por compañías comerciales, Acosta (2016). Las ventajas de utilizar semillas híbridas permiten tener alto vigor, buena uniformidad, alta producción y calidad en el cultivo además de tener resistencia a enfermedades, FAO y CORPOICA (2007). Bajo invernadero en el país se siembran por lo general variedades de crecimiento indeterminado.

#### **Híbrido Evaluado (Etereí)**

Según Seminis (2022), Etereí es un tomate de hábito de crecimiento indeterminado, de ciclo corto, planta vigorosa con tallos gruesos entrenudos cortos, frutos firmes y uniformes con un peso de alrededor de 260 gramos con excelente cuaje y buen comportamiento en frío. Con resistencia alta a *Passalora fulva* razas A-E, virus de la peste negra, virus del torrado, virus del mosaico del tomate razas 0-2 y *Verticillium* raza 1, además resistencia intermedia a nemátodos.

#### **Requerimientos climáticos**

El tomate riñón puede desarrollarse en altitudes desde 0 a 2800 m.s.n.m. Escalona *et al.* (2009). La mayoría de las variedades necesitan una temperatura óptima de crecimiento entre los 20°C y 30°C durante el día y por la noche entre 10°C y 17°C, López (2017). La humedad relativa para el cultivo oscila entre 65-70%, valores inferiores a 65% favorecen a la aparición de enfermedades y marchitan la planta, por el contrario, valores que sobrepasan 70% ocasiona desórdenes fisiológicos y déficit de elementos.



Las necesidades de luz se encuentran entre 8-16 horas luz al día para un adecuado desarrollo de la planta y coloración uniforme del fruto, Moreno *et al.* (2020). Otro de los factores que se debe considerar es el viento debido a que este regula la humedad relativa y temperatura dentro del invernadero además cumple con una parte importante dentro del proceso de polinización y oxigenación de las plantas.

### Requerimientos Hídricos

La cantidad de agua necesaria para el cultivo variará dependiendo del estado de desarrollo de la planta, el tipo de suelo y el clima, por lo que es esencial mantener una hidratación constante durante las primeras etapas del cultivo, Jaramillo *et al.* (2013). A continuación, en la Tabla 1 se sintetizan las necesidades hídricas del cultivo en cada estado fenológico.

**Tabla 1**

*Necesidades hídricas del cultivo de tomate riñón en cada estado de desarrollo bajo invernadero.*

Semana	Estado de desarrollo	Mínimo (L/m <sup>2</sup> /día)	Máximo (L/m <sup>2</sup> /día)
1	Enraizamiento	0,6	1,25
2-5	1 <sup>er</sup> a 4 <sup>to</sup> racimo floral	1,5	3
6	5 <sup>to</sup> racimo floral	3,5	3,8
7-9	6 <sup>to</sup> racimo floral	3,5	4,0
10-11	8 <sup>vo</sup> racimo floral	4,0	4,5
12-15	Inicio de la cosecha	4,5	5,0
16-17	Cosecha	5,5	6,0
18-27	Cosecha	5	6

*Nota.* Obtenido de “Guía para estimar las necesidades del agua para el cultivo de tomate bajo invernadero”, por Escobar y Lee, 2007 ([https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/wysiwyg/pub\\_29\\_-\\_manual\\_produccion\\_de\\_tomate.pdf](https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/wysiwyg/pub_29_-_manual_produccion_de_tomate.pdf)). Todos los derechos reservados [2007] por Licenciatario.

La inocuidad, calidad y frecuencia de riego es primordial monitoreo de las fuentes de suministro de agua de riego, mediante un programa de mantenimientos, análisis químicos y microbiológicos que permitan tomar acciones correctivas en caso de ser necesarios, FAO y CORPOICA (2007).

## Requerimientos Edáficos

Dentro de los parámetros del suelo se deben considerar los parámetros físicos tales como textura, drenaje, profundidad, contenido de materia orgánica, densidad aparente, pendiente, estructura y parámetros químicos como el pH y la conductividad eléctrica, para obtener una óptima producción. Los parámetros físicos y químicos se detallan en la Tabla 2 y Tabla 3 respectivamente.

**Tabla 2**

*Parámetros físicos del suelo para establecer un cultivo de tomate riñón (Solanum lycopersicum).*

<b>Parámetros físicos</b>	<b>Valor óptimo</b>
Textura	Franco- Franco Arcilloso
Drenaje	Bueno
Profundidad	>80 cm
Contenido de materia orgánica	>3,5%
Densidad aparente	1,2 g/cm <sup>3</sup>
Pendiente	Semiplano a plano
Estructura	Granulada

*Nota.* Tomado de “Requerimientos climáticos y edáficos,” por J. Pérez *et al.*, 2013 (<https://docplayer.es/4489531-Guia-tecnica-cultivo-de-tomate.html>). Todos los derechos reservados [2013] por Licenciario.

**Tabla 3**

*Parámetros químicos del suelo para establecer un cultivo de tomate riñón (Solanum lycopersicum).*

<b>Parámetros químicos</b>	<b>Valor óptimo</b>
pH	5,5-6,8
Conductividad eléctrica	1,5-2 dS/m

*Nota.* Tomado de “Requerimientos climáticos y edáficos,” por J. Pérez *et al.*, 2013 (<https://docplayer.es/4489531-Guia-tecnica-cultivo-de-tomate.html>). Todos los derechos reservados [2013] por Licenciario.

## Necesidades de Fertilización

El cultivo de tomate es exigente en fertilización en sus diferentes etapas de desarrollo, por tal razón se han realizado estudios para conocer el ritmo de absorción de cada uno de los nutrientes durante todo el ciclo del cultivo.

Los requerimientos de fertilizantes para tomate bajo invernadero dependen del aporte del suelo, eficiencia del uso de los fertilizantes y la cantidad requerida por el cultivo, debido a esto la extracción de nutrientes por parte de las plantas de tomate riñón, varía según la disponibilidad de ellos en la solución del suelos, variedades, factores ambientales, pH, conductividad eléctrica y etapa de desarrollo de la planta, Cadahia (2005).

**Tabla 4**

*Contenidos apropiados de nutrientes en porcentaje en hojas de tomate riñón.*

%			
N	P	K	Ca
3-5	0,4	6	1,25

*Nota.* Recuperado de "Memorias del Seminario sobre fertilización del cultivo de tomate riñón," por J. Jaramillo *et al.*, 2007 (<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3176320?show=full>). Todos los derechos reservados [2009] por Licenciario.

## Macronutrientes

Las plantas necesitan macronutrientes para crecer y desarrollarse de manera saludable. Los macronutrientes esenciales para las plantas incluyen carbono, hidrógeno y oxígeno, que se obtienen del aire y del agua, y nitrógeno, fósforo y potasio, que se obtienen del suelo a través de los nutrientes del suelo.

### **Nitrógeno**

El nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento y la producción de tomates, ya que promueve la formación de flores, frutos y regula la maduración de la planta. Además, es fácilmente asimilable y es fundamental para la producción de aminoácidos, bases nitrogenadas, enzimas, proteínas, clorofila y alcaloides que son necesarios para obtener un rápido crecimiento. Un nivel adecuado de nitrógeno en la planta también contribuye a un fuerte crecimiento y a mejorar el color y tamaño del fruto, Jaramillo *et al.* (2007).

### **Fósforo**

Este elemento es absorbido por las plantas en la forma de fosfato monovalente ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), tiene un papel fundamental en las funciones reproductivas de la planta, como la floración y la madurez, y también influye en la calidad del fruto. Además, el fósforo tiene un papel regulatorio en la formación y traslocación de azúcares y almidones, Castellanos (2009).

### **Potasio**

La principal función del potasio se asocia con las relaciones hídricas y absorción de agua por la planta, mantiene el potencial osmótico de las células participa como activador de innumerables juega un papel fundamental en la mayoría de los procesos metabólicos de la planta, Castellanos (2009).

### **Calcio**

El calcio es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo saludables de las plantas, aunque su papel es indirecto. El calcio mejora las condiciones de crecimiento de las raíces y estimula la actividad microbiana, lo que a su vez aumenta la disponibilidad de molibdeno y la absorción de otros nutrientes. También es necesario para el crecimiento de los meristemos apicales y estimula la producción de granos y semillas. Aunque el calcio es un elemento poco móvil y su transporte es lento, su deficiencia se puede apreciar rápidamente en las zonas meristemáticas de la planta, Jaramillo *et al.* (2007).

## **Fertilizantes**

Los fertilizantes son materiales de origen orgánico o mineral que se adicionan al suelo para así proporcionar los elementos esenciales necesarios en el crecimiento de las plantas. Los fertilizantes del tipo orgánico son de origen animal o vegetal; mientras los minerales son derivados de procesos químicos, u obtenidos directamente en yacimientos naturales. FAO (2002), menciona que un fertilizante es todo material ya sea de origen natural o que haya pasado por un proceso de industrialización, y que dentro de sus componentes tenga como mínimo el cinco por ciento de uno o más de los tres nutrientes primarios (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O).

### ***Fertilizantes Complejos***

Son obtenidos mediante procesos derivados de reacciones químicas y contienen en su composición más de un nutriente, FAO (2002). Estos nutrientes incluyen nitrógeno, fósforo y potasio, así como otros elementos como calcio, magnesio y hierro. Los fertilizantes complejos se pueden presentar en forma de polvo o líquida. De esta forma, seleccionando el nivel adecuado, el agricultor tiene la opción de proporcionar todos los nutrientes esenciales en un solo fertilizante.

### **Nutriquímica EQ**

Fertilizante químico granulado, 100% soluble para una reacción inmediata en el suelo. Pudiéndose aplicar manual, mecanizado o a través de fertirrigación. Garantiza las correctas proporciones de N, P, K, S y micros, además de materia orgánica para un desarrollo óptimo de los cultivos y específico para cada etapa fenológica del cultivo de tomate. Contiene fósforo en forma de polifosfatos, lo cual evita que este elemento sea precipitado y/o fijado en los suelos por las arcillas de origen volcánico.

### ***Fertilizante Convencional***

Los fertilizantes convencionales son aquellos que han sido procesados industrialmente y contienen uno o varios nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Estos fertilizantes son solubles en agua, lo que significa que se disuelven fácilmente en agua. La solubilidad de estos fertilizantes puede ser afectada por factores como la temperatura y el pH del agua, Román (2001).

## **Fertirrigación**

La fertirrigación satisface la demanda diaria de nutrientes y de agua por parte de las plantas, dependiendo de los requerimientos de cada estado de crecimiento del cultivo permitiendo alcanzar la máxima eficiencia del fertilizante aplicado, Kafkafi y Tarchitzky (2012). Es fundamental entender las características químicas del agua utilizada para regar y los elementos que son asimilables por el suelo, con el fin de aplicar eficazmente esta técnica

Dentro de los principales objetivos de esta herramienta son incrementar la absorción de nutrientes y disminuir la pérdida de estos, además, aumentar la rentabilidad y producción de los cultivos, Terán *et al.* (2007). Es importante que los fertilizantes empleados para el fertirriego sean compatibles entre sí, fáciles de usar, altamente solubles y que permitan una interacción entre los nutrientes.

## **Sistema de Riego Localizado**

Este sistema permite conseguir mantener el agua en la zona radicular en condiciones de utilización favorable para la planta, aplicando el agua gota a gota, de esta manera el agua es conducida por medio de conductos cerrados desde el punto de toma hasta la planta, aplicados por medios de equipos denominados goteros o emisores, Ramos y Báez (2013).

## ***Automatización del Sistema de Fertirrigación***

El modelo de fertirrigación se puede requerir de algunos equipos adicionales, pero en su mayoría son los siguientes elementos: depósito para la solución del fertilizante, dispositivo de automatización del funcionamiento, dispositivo de maniobra, control, protección y e inyección, elementos de filtración y sistema de agitación mecánico, Cadahia (2005).

## **Solución Nutritiva**

La solución nutritiva (SN) provee a la planta de elementos en forma de iones necesarios para un adecuado crecimiento y producción, esta debe tener balanceada los micronutrientes y macronutrientes. Además, se deben considerar que los parámetros que caracterizan la solución nutritiva son: pH entre 5,5-6,5, conductividad eléctrica entre 1,8 y 2,3 dS.m<sup>-1</sup>, relación entre aniones

y cationes, Favela *et al.* (2006), existe una relación directa entre la conductividad eléctrica y contenido de nutrientes a mayor conductividad eléctrica la planta debe emplear mayor energía en la absorción de nutrientes Asher y Edwards (1983).

Es importante tener en cuenta la relación específica entre el nitrógeno, fósforo y potasio, de esta manera la planta puede obtener un mejor desarrollo, Robredo *et al.* (2018). La temperatura de la solución nutritiva influye en la absorción de nutrientes en la planta, una temperatura óptima se encuentra a los 22°C, si ésta disminuye también va a reducir la asimilación de los nutrientes y una alteración de los procesos metabólicos, Cornillon (1988).

Además, hay que tener presente que las sales empleadas en la fertilización sean las adecuadas en cuanto al compuesto químico y su proporción debido a que se pueden dar incompatibilidad, deficiencia o toxicidades, Rengel (2020), evitando un desarrollo normal en las plantas.

### **Curvas de Extracción**

La absorción es el proceso por el cual las plantas obtienen los nutrientes a través de la diferencia de potencial con el medio circundante. La cantidad de nutrientes que necesitan las plantas depende de su biomasa total y de sus necesidades internas. Al conocer la cantidad de nutrientes que las plantas absorbieron durante diferentes períodos de su ciclo de vida, podemos determinar los momentos de mayor absorción y adaptar los programas de fertilización y soluciones nutritivas en consecuencia, Prado (2021).

Para realizar la curva de extracción es importante definir la etapa fenológica más importante del cultivo, la planta se divide en tejidos para ser evaluados y es importante repetir cada medición al menos 3 veces. Además, es mejor utilizar cultivares de una sola variedad y seleccionar plantas con condiciones ideales de crecimiento, Bertsch (2009). Los cultivos hortícolas difieren ampliamente en las necesidades nutricionales y en el modelo de absorción, durante el periodo de crecimiento.

La absorción de nutrientes en el cultivo del tomate varía ampliamente debido a las condiciones ambientales, el manejo de la plantación y las características de la variedad. Los

requerimientos de nutrientes incluyen entre 100 a 600 kg. ha<sup>-1</sup> de N; 100 a 200 kg. ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 160 a 900 kg. ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; entre 40 a 290 Mg y 45 a 195 de Ca; Papadopoulos (2013); Quesada y Bertsch (2013).

### **Curva de Crecimiento**

La curva de crecimiento muestra el desarrollo que tiene la planta a lo largo del cultivo, este dato es necesario para realizar las curvas de extracción, pues es indispensable conocer en primera instancia, la curva de crecimiento del cultivo en término de peso seco, Bertsch (2009).

La forma de la curva de crecimiento puede variar dependiendo de diversos factores, como la especie de planta, el ambiente en el que crece, el nivel de nutrientes y agua disponibles, entre otros. A menudo, la curva de crecimiento muestra un aumento rápido en el crecimiento al inicio, seguido de un periodo de crecimiento más lento y luego un declive en el crecimiento al final del ciclo de vida de la planta.



### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA

##### Ubicación del Sitio de Estudio

La investigación de campo se llevó a cabo en las instalaciones del Centro Internacional de la Papa (CIP) ubicado en la Estación Experimental Santa Catalina, parroquia Cutuglagua, cantón Mejía, provincia de Pichincha. Ubicado a 0°22 '10,03'' latitud Sur y 78°33' 19,90'' de longitud oeste, a una altura de 3058 m.s.n.m. Las condiciones ambientales del invernadero fueron temperatura media 15,30°C, humedad relativa promedio 59%. La fase de laboratorio se realizó en el laboratorio de Suelos y Química de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria ubicado en la Hacienda el Prado IASA-ESPE, en el laboratorio del CENCINAT-ESPE y en el laboratorio de AgrarProjekt.

##### Manejo del Suelo Previo a la Siembra

##### *Análisis del Suelo*

Previo al establecimiento del experimento, se recolectaron muestras del suelo que fue utilizado para la siembra del cultivo. El muestreo se realizó en un patrón de zigzag utilizando una pala de desfonde, se recolectaron 3 submuestras a una profundidad de 0.3 metros, las cuales se combinaron para obtener 1 kg de suelo homogéneo. Luego, se envió este suelo al laboratorio Agrarprojekt para analizar sus propiedades químicas como pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), macroelementos (N, P, K, Ca, Mg y S) y microelementos (Fe, Cu, B, Zn y Mn).

**Tabla 5**

*Resultados del análisis del suelo inicial.*

<b>Análisis</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Materia orgánica	AOAC 967.05/ DIN 19684-3	%	10
% Saturación de Bases	EPA 9081	%	16
Capacidad de intercambio catiónico	EPA 9081	Meq.100g <sup>-1</sup>	21,7
pH (en H <sub>2</sub> O)	EPA 9045D	-	6,2
pH (en KCl)	EPA 9045D	-	5,1
Conductividad (CE)	SM 2510 B	mS.cm <sup>-1</sup>	0,07
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	DIN-38405-D9-2/ISO 7890-1	ppm	21,6
Amonio ((NH <sub>4</sub> ))	SM 4500-NH3 D	ppm	0,1

Análisis	Método	Unidad	Resultado
Fosfato (PO <sub>4</sub> )	SM 4500-P C	ppm	1,6
Potasio (K)	SM 3500-K B	ppm	7,6
Magnesio (Mg)	EPA 7000 B	ppm	2,5
Calcio (Ca)	EPA 7000 B	ppm	6,7
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	SM 4500-SO <sub>4</sub> E	ppm	5,6
Sodio (Na)	SM 3500-Na B	ppm	4,1
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	SM 4500-Cl G/SM-450-CL-D Método Potenciométrico	ppm	2,3
Hierro (Fe)	EPA 7000 B	ppm	0,665
Manganeso (Mn)	EPA 7000 B	ppm	0,016
Cobre (Cu)	EPA 7000 B	ppm	0,062
Zinc (Zn)	EPA 7000 B	ppm	0,031
Boro (B)	DIN-38405-D17	ppm	0,106

*Nota.* Resultado del análisis del laboratorio. Autoría propia.

### **Análisis del Agua de Riego**

Para el análisis del agua se tomó una muestra de agua de 1 l, que se envió al laboratorio para el análisis de las propiedades químicas, como pH, conductividad eléctrica (CE), aniones (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y CO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y cationes (K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y Na<sup>+</sup>).

**Tabla 6**

*Resultados del análisis del agua inicial*

Análisis	Métodos	Unidades	Resultados
pH	EPA 9045 D	-	6,8
Conductividad (CE)	SM 2510 B	mS.cm <sup>-1</sup>	0,15
Dureza total	-	-	-
• Clasificación	-	-	Agua muy blanda
• Grado Dureza ° d	-	° d	3,3
• Dureza en mmol/l	-	Mmol.l <sup>-1</sup>	0,59
• Dureza equivalente CaCO <sub>3</sub> en ppm	-	mg. l <sup>-1</sup>	58,6
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	ISO 7890-1	mg. l <sup>-1</sup>	0,6
Fosfato (PO <sub>4</sub> )	SM 4500-P-C	mg. l <sup>-1</sup>	0,8
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	SM 4500-SO <sub>4</sub> E	mg. l <sup>-1</sup>	3
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	SM 4500-Cl G	mg. l <sup>-1</sup>	1
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	SM 2320 B	mg. l <sup>-1</sup>	100
• Σ aniones	-	Meq.l <sup>-1</sup>	1,76
Amonio (NH <sub>4</sub> )	SM 4500-NH <sub>3</sub> D	mg. l <sup>-1</sup>	0,1
Potasio (K)	SM 3500-K B	mg. l <sup>-1</sup>	2,6
Magnesio (Mg)	EPA 7000 B	mg. l <sup>-1</sup>	4,2

Análisis	Métodos	Unidades	Resultados
Calcio (Ca)	EPA 7000 B	mg. l <sup>-1</sup>	16,6
Sodio (Na)	SM 3500-Na B	mg. l <sup>-1</sup>	9,5
• $\Sigma$ cationes	-	Meq.l <sup>-1</sup>	1,66
Hierro (Fe)	EPA 7000 B	mg. l <sup>-1</sup>	0,287
Manganeso (Mn)	EPA 7000 B	mg. l <sup>-1</sup>	0,051
Cobre (Cu)	EPA 7000 B	mg. l <sup>-1</sup>	0.019
Zinc (Zn)	EPA 7000 B	mg. l <sup>-1</sup>	0,025
Boro (B)	EPA 7000 B	mg. l <sup>-1</sup>	0,094

*Nota.* Resultado del análisis del laboratorio. Autoría propia

### Manejo del cultivo

La siembra del cultivo de tomate riñón se realizó en un suelo limo arenoso, el cual fue colocado en bolsas de plástico de polietileno de color negro de 0,30 m de largo x 0,30 m de ancho con capacidad de 4 kg; desinfectado con Pentacloronitrobenzeno 1 g.l<sup>-1</sup> (Terraclor). La densidad de siembra fue de 256 plantas en ocho parcelas, las que se dispusieron en doble hilera a una distancia de 0,60 m y entre plantas a 0,30 m.

### Riego

Se utilizó un sistema de fertirrigación que se encuentra en el invernadero, compuesto por: ocho tanques de plástico independientes de 200 litros de capacidad, cada uno con bombas hidráulicas de presión de 1 HP, sistema de tuberías de conducción de agua, además se colocaron goteros tipo araña auto compensados de 8,0 l.h<sup>-1</sup>, con cuatro derivaciones que proporcionan 2.0 l.h<sup>-1</sup> en cada salida, las bombas utilizaron un controlador GALCON 6S MOD.8056.

El tiempo de riego se programó mediante la fórmula de lámina aprovechable  $LAA = (CC - MP) \times Da \times D_i$  donde, LAA: Lámina de agua aprovechable (mm), CC: contenido de humedad a capacidad de campo en base a peso decimal, MP: contenido de humedad a marchitez permanente en base a peso, decimal, Da: densidad aparente del suelo, D: profundidad del suelo (mm), FAO (2004).

### Fertilización

Durante el desarrollo de la investigación, la solución nutritiva que se aplicó fue la recomendada por Castellanos (2009) para el cultivo de tomate riñón, como se detalla en la Tabla 7.

**Tabla 7**

Concentración de la solución nutritiva para el cultivo de tomate en suelo, en sus tres etapas de desarrollo y volumen de riego requerido.

Nutrimiento	Etapas 0-35 DDT	Inicio de producción 35-75 DDT	75 DDT a fin de cosecha
	Meq.L <sup>-1</sup>		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7	8	10
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,6	1	0,7
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	3	3	3
K <sup>+</sup>	4	5	6
Ca <sup>++</sup>	5	6	6
Mg <sup>++</sup>	1,5	2	1,8
C.E. dS/m	1,1-1,3	1,2-1,4	1,1-1,3
Volumen de riego y fertilizante	8 a 30 m <sup>3</sup> . día. ha <sup>-1</sup>	30 m <sup>3</sup> . día. ha <sup>-1</sup>	30 m <sup>3</sup> . día. ha <sup>-1</sup>

*Nota.* La conductividad eléctrica no considera el efecto del sodio del agua. DDT: Días después del trasplante. Adaptado de "Formulación de la solución nutritiva", por J. Castellanos, en INTAGRI, *Manual de Producción de Tomate en Invernadero* (1), 2009, INTAGRI. Todos los derechos reservados [2009] por Licenciario. Reproducido con permiso del autor.

El pH de la solución nutritiva se manejó entre 6 a 6,5 según lo recomendado por Pérez *et al.* (2013). A continuación, se detallan en la Tabla 8; Tabla 9 los fertilizantes y las cantidades a ser utilizadas durante todo el ciclo de vida del cultivo.

#### **Fertilización con Fertilizantes Complejos NUTRIQUIMICA EQ**

**Tabla 8**

Concentraciones g/200 litros del fertilizante NUTRIQUIMICA EQ.

Fuente de fertilizante	Etapas 0-35 DDT	Inicio de producción 35-75 DDT	75 DDT a fin de cosecha
	g.200l <sup>-1</sup>		
NUTRIQUIMICA TRASPLANTE			
Composición			
NH <sub>4</sub> 7% p/p	140	-	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 10% p/p			

Fuente de fertilizante	Etapa 0-35 DDT	Inicio de producción 35-75 DDT g.200l <sup>-1</sup>	75 DDT a fin de cosecha
K <sub>2</sub> O 24% p/p			
S 17% p/p			
MgO 4% p/p			
Zn 0,5% p/p			
M.O 26% p/p			
<b>NUTRIQUIMICA FLORACIÓN</b>			
Composición			
NH <sub>4</sub> 3,5% p/p			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 4% p/p			
K <sub>2</sub> O 33% p/p			
S 17% p/p	-	198,8	-
MgO 2,3% p/p			
Zn 0,4% p/p			
M.O 23% p/p			
<b>NUTRIQUIMICA COSECHA</b>			
Composición			
NH <sub>4</sub> 3% p/p			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0% p/p			
K <sub>2</sub> O 40% p/p	-	-	164,01
S 20% p/p			
MgO 2,6% p/p			
Zn 0,5% p/p			
M.O 18,50% p/p			
<b>CANPLITE</b>			
Composición			
CaO 27%			
N 15,3%			
NH <sub>4</sub> 0,6%			
NO <sub>3</sub> 13,90%			
B 0,01%	122	162,6	183,7
Cu 0,005%			
Fe 0,03%			
Mn 0,02%			
Mo 0,0002%			
Zn 0,01%			
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (85%)	5 (cc)	9,44 (cc)	-

Fuente de fertilizante	Etapa 0-35 DDT	Inicio de	75 DDT a fin de cosecha
		producción 35-75 DDT	
g.200l <sup>-1</sup>			
Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-	58	58
MgSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	-	17,79	-
KNO <sub>3</sub>	-	-	17,78
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	-	-	41
MAGMA HQ	9	9	9
WELGRO	1	1	1
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,8	0,8	0,8
CODI COBRE	0,9 (cc)	0,9 (cc)	0,9 (cc)

*Nota.* Las concentraciones de cada fertilizante se ajustaron de acuerdo con el análisis de suelo.

### **Fertilización con Fertilizantes Convencionales**

**Tabla 9**

*Concentración g/200 litros de los fertilizantes convencionales*

Fuente de fertilizante	Etapa 0-35 DDT	Inicio de	75 DDT a fin de cosecha
		producción 35-75 DDT	
g/200l			
Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	124	162,6	183
Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-	5	75
KNO <sub>3</sub>	-	-	8
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (85%)	15 (cc)	15 (cc)	-
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	-	-	41
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	62,5	97,45	118
MgSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	37	70,87	30,44
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,9	0,9	0,9
Fe (HBED <sup>a</sup> 4,80%)	8,6	8,6	8,6
Cu (EDTA <sup>b</sup> 9%)	0,9	0,9	0,9
Mn (EDTA 13%)	0,8	0,8	0,8
Zn (EDTA 15%)	0,8	0,8	0,8

*Nota.* <sup>a</sup> Hidroxi-benzil-etileno-diamina; <sup>b</sup> ácido etilendiaminotetraacético, quelatos utilizados para mejorar la disponibilidad y absorción de nutrientes esenciales.

## Labores Culturales

Las labores culturales: deshierbe, podas, tutorado y desbrote, se realizaron de forma manual a durante todo el ciclo del cultivo. Las plantas se tutoraron cuando las plantas presentaron una altura de 0,3 a 0,4 m con cinta de tutoreo enrollando la planta cada 0,3 m. El desbrote se realizó cuando los hijuelos (chupones) alcanzaron una longitud no mayor de 0,05 m para evitar cicatrices grandes y evitar el riesgo de enfermedades.

## Cosecha

Se recolecto la cosecha de acuerdo con el estado de madurez óptimo del fruto, se clasifico el fruto por su diámetro en mm, como se indica en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Clasificación del tomate de acuerdo con el diámetro ecuatorial.*

Tipo (Tamaño)	Peso (g)	Diámetro (mm)	
		Mínimo	Máximo
I (Grande)	> 180	70	100
II (Mediano)	120-180	56	70
III (Pequeño)	< 120	40	55

*Nota.* Adaptado de *Hortalizas Frescas Tomate Riñón*, INEN 1 745, 1990  
[https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2832.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2832.pdf). Obra de Domino Publico.

## Control de Plagas y Enfermedades

Para el control de plagas y enfermedades se utilizarán los productos detallados en la Tabla 11 en aquellas que se supere el umbral económico de daño.

**Tabla 11**

*Productos utilizados en el control de plagas y enfermedades.*

<b>Plaga o enfermedad</b>	<b>Producto</b>	<b>Ingrediente activo</b>	<b>Dosis</b>	<b>Tipo de acción</b>
<b>Tizón temprano</b> ( <i>Alternaria solani</i> )	CUPROFIX EQ	Mancozeb 300 g.kg <sup>-1</sup> + Cobre 120g.kg <sup>-1</sup>	1,5 g.l <sup>-1</sup>	Preventivo
	QUADRIS TOP	Azoxystrobin+Difenoconazol	0,2 g.l <sup>-1</sup>	Curativo
<b>Moho gris</b> ( <i>Botrytis cinerea</i> )	PHYTON	Sulfato de cobre pentahidratado	1 g.l <sup>-1</sup>	Preventivo y curativo
<b>Mildeo polvoso</b> ( <i>Oidium</i> )	SCORE 250 EC	Difenoconazol	0,5 cc.l <sup>-1</sup>	Sistémico

*Nota.* Autoría propia

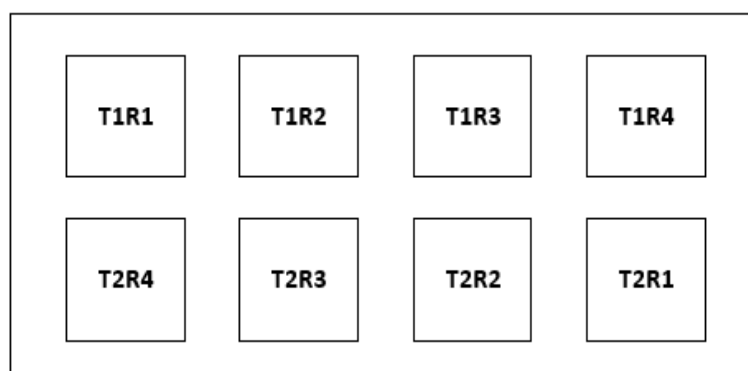
### **Diseño Experimental**

Se contó con ocho unidades experimentales que estuvieron irrigadas por uno de los planes de fertilización (fertilización compleja o convencional). La unidad experimental, fue una parcela rectangular de 5m de largo y 1 m de ancho con 32 plantas de tomate riñón con un total de 128 plantas por tratamiento. El muestreo de las plantas para el análisis del contenido de N, P, K y Ca se realizó a los 30, 60, 90, 120 y 150 días después del trasplante, Bertsch (2009). Se establecieron dos tratamientos (T1: Fertilización compleja NUTRIQUÍMICA EQ; T2: Fertilización convencional con fertilizantes simples), con cuatro repeticiones. La disposición de los tratamientos en el campo se indica en la Figura 1.



## Figura 1

Disposición de los tratamientos en campo.



Nota. (T1= Fertilización compleja, T2= Fertilización Convencional)

## Variabes de Estudio

Se evaluó el rendimiento por categorías y total, los tomates obtenidos se clasificaron en tres categorías de acuerdo con su diámetro como se indica en la Tabla 10. Se registró el peso en kg por categoría. Los resultados obtenidos del pesaje de todas las categorías se sumaron y se reportó el rendimiento total en kg. planta<sup>-1</sup>. También se valoró los grados Brix utilizando un refractómetro donde se colocó una gota del jugo de cada tomate.

## Curvas de Crecimiento

Para la determinación de la curva de crecimiento, se extrajeron plantas completas (parte aérea y raíz), se lavaron con agua destilada para remover residuos del sustrato. Luego se separó cada parte de la planta, se etiquetó y pesó para obtener el peso fresco.

Cada parte de las plantas se colocó en bolsas de papel, y se las llevó a la estufa a 90° centígrados por 24 horas. Transcurrido ese tiempo se pesó de nuevo para determinar peso seco en gramos y este dato se llevaron a kg. ha<sup>-1</sup> multiplicando por el número de plantas en una hectárea de cultivo 25 000, Castellanos (2009).

## Determinación de Nitrógeno

El contenido de nitrógeno se determinó según la metodología descrita por Sadzawka *et al.* (2007). Se colocaron las muestras secas y molidas en un tubo Kjeldahl y se añadió 1/4 de tableta Kjeldahl y 15ml de ácido sulfúrico, para proceder a realizar la digestión, durante 1 hora y 30 minutos

reduciendo la temperatura de 150°C a 420°C paulatinamente. Finalizado el tiempo de digestión se colocaron los tubos en el equipo de destilación Kjeldahl durante 5 minutos para titular la muestra con ácido clorhídrico 0,1 N hasta que el color se vuelva rosado. Para determinar la concentración de nitrógeno en porcentaje, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{14 \times N \times V \times 100}{m \times 1000}$$

Donde:

- N = Normalidad del ácido clorhídrico (HCl);
- V = Gasto de HCl en la titulación;
- M = Masa de la muestra en gramos

Sadzawka *et al.* (2007)

#### **Determinación de Potasio y Calcio por Absorción Atómica y Fósforo**

Para determinar el contenido de K y Ca se utilizó la metodología de iones por absorción atómica descrito por Sadzawka *et al.* (2007). La muestra se pesó, molió y se colocó en crisoles de porcelana para calcinarla a 500°C, se procedió a colocar el material en la placa calefactora y se agregó 10 ml de ácido clorhídrico 2N y 1 ml de agua desionizada, hasta ebullición, añadiendo 3 ml ácido clorhídrico. Luego se vertió el contenido de los crisoles en balones para filtrar el contenido, se aforaron los balones con agua desionizada hasta llegar a 100 ml.

Para la medición del contenido de potasio, se colocó en un tubo de ensayo 9 ml de nitrato de lantano y 1 ml de la muestra filtrada. Para los blancos se usaron 9 ml de nitrato de lantano y 1ml de agua desionizada y se midió la concentración de K por espectrofotometría a 766,5 nm.

Para el calcio se colocó 9,5ml de nitrato de lantano y 0,5ml de la muestra filtrada y se midió la concentración de Ca a 422,7 nm.

El contenido de fósforo se realizó por el método molibdato-vanadato, mezclando en partes iguales con ácido nítrico, molibdato de amonio y vanadato de amonio. Se colocó 4 ml la mezcla y 1 ml del filtrado en tubos de ensayo y se dejó reposar durante 1 hora. Luego, se midió el contenido de fósforo en un espectrofotómetro a 466 nm.

El cálculo de iones se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{ión } g.kg^{-1} = \frac{(a - b) \times V}{m \times 1000}$$

Donde:

- a = mg. l<sup>-1</sup> de ion filtrado de la muestra;
- b= mg. l<sup>-1</sup> promedio del ion del filtrado de los blancos;
- V= Volumen del filtrado (100 ml);
- m= Masa en gramos de la muestra.

Sadzawka *et al.* (2007)

### **Extracción Total y Frecuencia de Absorción**

Para la elaboración de las curvas, se determinó la extracción total por cada órgano de la planta, para lo cual se sumaron los valores extraídos en cada periodo y se los llevó a porcentaje para conocer el órgano que mayor acumulación de cada elemento. Las frecuencias de acumulación relativa y acumulada se obtuvieron al sumar los valores de absorción total en porcentaje por cada elemento y etapa de cultivo, Bertsch (2009).

### **Relación entre el Crecimiento y Extracción Total**

Para establecer la mejor época de fertilización, se determinaron los incrementos de extracción cada 30, 60, 90, 120 y 150 llevando este valor a porcentaje para conocer la época de mayor extracción que presenta cada elemento, Bertsch (2009).

### **Análisis Estadístico**

El experimento se dispuso bajo un diseño completamente al azar (DCA) con 2 tratamientos y 4 repeticiones. El modelo matemático que se siguió fue:

$$Y_{ij} = u + T_i + e_{ij}$$

Donde:

- Y<sub>i j</sub> = variable de respuesta
- u = media general
- T<sub>i</sub> = efecto del i-ésimo tratamiento

- $e_{ij}$  = error experimental

Las variables de estudio se caracterizaron con estadística descriptiva (media y desviación estándar). Adicionalmente se verificó la relación entre crecimiento y extracción mediante modelos de regresión polinómica donde la variable dependiente es la cantidad de materia seca y la variable independiente es el intervalo de días, y posteriormente se evaluó mediante prueba de comparación de medias mediante la prueba Duncan con nivel de significancia de  $p \leq 0,05$  para cada tratamiento. Todos los análisis se realizaron en el software estadístico INFOSTAT versión 2020.

### **Análisis Beneficio/Costo**

Se realizó un análisis económico donde se calculó el beneficio neto o utilidad de cada tratamiento, es decir el valor de la producción por unidad de superficie menos los costos de producción, Rangel (2004). Este parámetro se calculará a través de la siguiente fórmula:

$$BN = VP - CP$$

Donde:

- BN = Beneficio neto;
- VP = Valor de producción;
- CP = Costo de producción

## CAPÍTULO IV

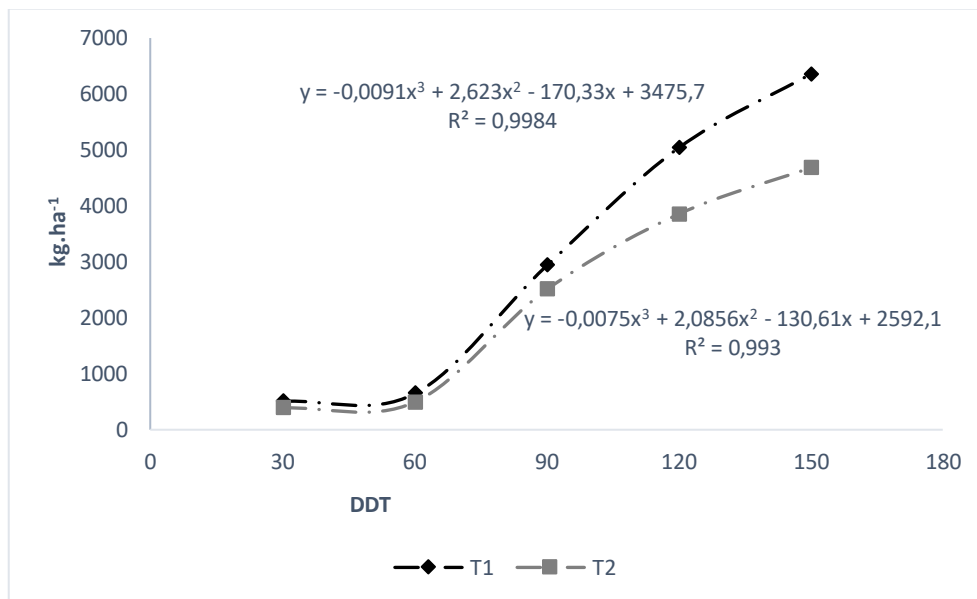
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Curvas de Crecimiento

Las curvas de crecimiento total presentaron diferencias significativas ( $t_{3,71} = 5.00$ :  $p = 0.0023$ ) entre tratamientos (T1: Fertilización compleja NUTRIQ EQ y T2: Fertilización convencional CONV), presentando una mayor acumulación de materia seca el tratamiento con fertilización compleja a los 90 después del trasplante (DDT), (T1: 2928 kg.ha<sup>-1</sup> T2: 2501 kg.ha<sup>-1</sup>); mientras que a los 120 DDT los tratamientos obtuvieron para el T1: 5036 kg.ha<sup>-1</sup> y para el T2: 3851 kg.ha<sup>-1</sup> y a los 150 DDT los tratamientos alcanzaron (T1: 6356 kg.ha<sup>-1</sup>, T2: 4681 kg.ha<sup>-1</sup>) (Figura 2).

#### Figura 2

Curva de crecimiento comparativa total entre los tratamientos T1: Fertilización compleja (NUTRIQ EQ) y T2: Fertilización convencional (CONV).



Nota. Autoría propia.

Se obtuvieron las curvas de crecimiento para cada órgano de la planta (raíz, tallo, hojas, flores y frutos) desde los 30 DDT hasta los 150 días del cultivo, observando que las curvas mostraron un crecimiento similar en cada etapa fenológica, destacando que la curva de crecimiento del T1 con

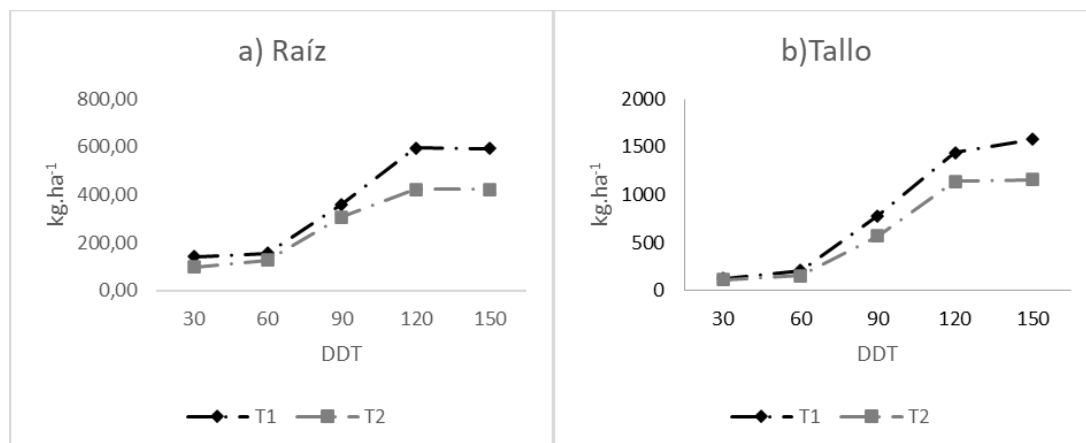
fertilizantes complejos (NUTRIQ EQ) acumula más biomasa seca frente al T2 de fertilizantes convencionales (CONV) (Figura 2).

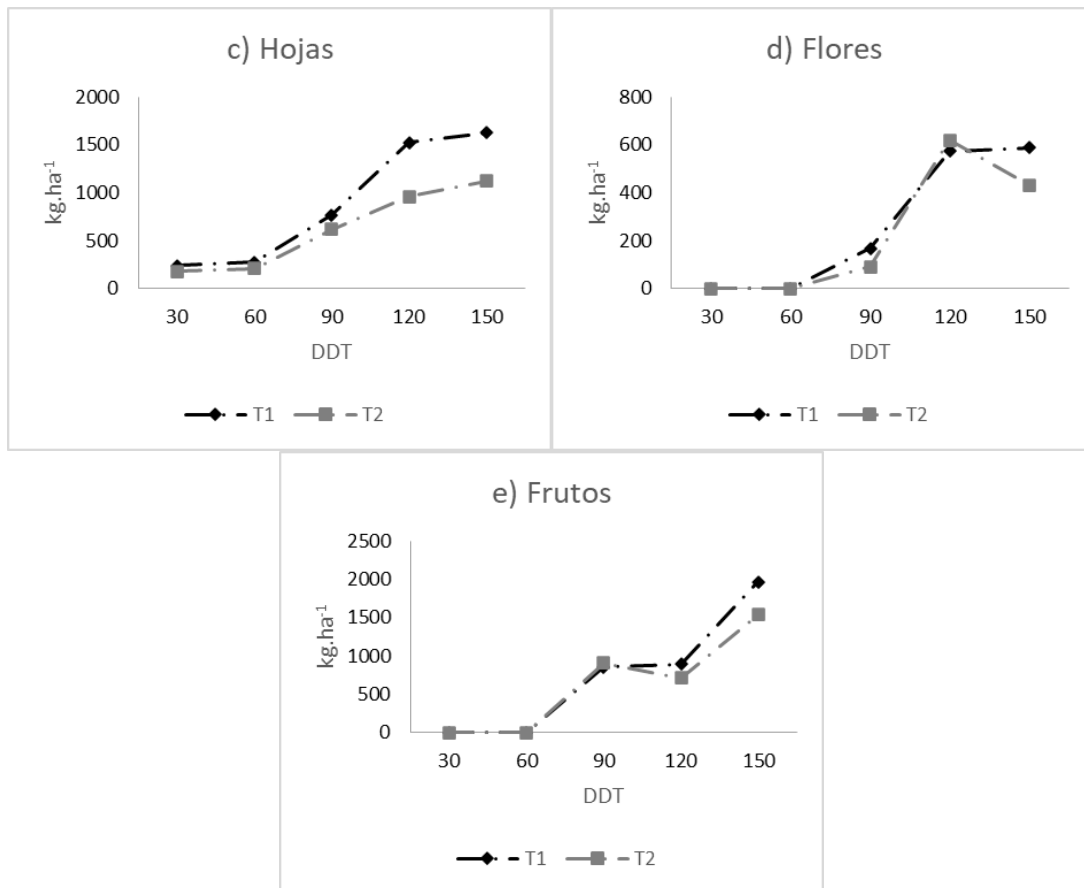
La hoja es el órgano con mayor acumulación de biomasa seca, esta inició con 240 kg.ha<sup>-1</sup> para el T1 y obteniendo a los 150 DDT 1625,44 kg.ha<sup>-1</sup>, a comparación del T2 que comenzó con 178,75 kg.ha<sup>-1</sup> y finalizó con 1123,88 kg.ha<sup>-1</sup> (Figura 3c). El segundo órgano con mayor acumulación de materia seca es el fruto (T1: 1967,81 kg.ha<sup>-1</sup> T2: 1540,63 kg.ha<sup>-1</sup>) (Figura 3e), seguido del tallo alcanzando al final del ciclo (T1: 1580,75 kg.ha<sup>-1</sup> T2: 1161,94 kg.ha<sup>-1</sup>) (Figura 3b). A partir de los 90 días se evidencia incrementos en materia seca en la raíz llegando a estabilizarse la curva de crecimiento a los 150 DDT (T1: 593,06 kg.ha<sup>-1</sup> T2: 422,06 kg.ha<sup>-1</sup>) (Figura 3a).

Por otra parte, la flor inicia su crecimiento a los 90 DDT en donde el T1 acumula una biomasa de T1: 588,50 kg.ha<sup>-1</sup> y T2: 432,50 kg.ha<sup>-1</sup> no obstante se evidencia un descenso de esta a los 150 días, tiempo en el cual el fruto incrementa su biomasa (Figura 3d).

### Figura 3

*Curvas de crecimiento en peso seco de plantas de tomate riñón (kg. ha<sup>-1</sup>) en las diferentes partes de la planta, durante 150 DDT. Raíz (a), tallo (b), hojas(c), flores (d) y fruto(e).*





Nota. T1: Fertilización compleja (NUTRIQ EQ) y T2: Fertilización convencional (CONV); DDT: Días después del trasplante.

## Curvas de Extracción de Nutrientes

### Nitrógeno

Las curvas de absorción de nitrógeno se muestran en la Figura 4, donde el fruto (Figura 4e) es el órgano con mayor acumulación de nitrógeno con respecto a los demás órganos de la planta, presentando una diferencia estadística en la absorción de este elemento desde los 90 días después del trasplante (DDT) teniendo así para el T1 (fertilización compleja NUTRIQ EQ)  $9,55 \pm 0,02 \text{ kg. ha}^{-1}$ , y para el T2 (fertilización convencional CONVEN)  $7,65 \pm 0,04 \text{ kg. ha}^{-1}$  ( $p < 0.0001$ ), a los 120 DDT (T1:  $17,79 \pm 3,21 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T2:  $11,77 \pm 1,41 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) ( $p = 0.0141$ ) y mientras a los 150 DDT (T1:  $46,27 \pm 4,71 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T2:  $31,17 \pm 10,17 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) ( $p = 0,0358$ ).

La hoja (Figura 4c) es el segundo órgano con mayor absorción de nitrógeno, se evidencian diferencias significativas a los 30 DDT (T1:  $4,13 \pm 0,02 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T2:  $2,89 \pm 0,08 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) ( $p = 0.0188$ ) a los

90 DDT (T1: 23,81±1,96 kg. ha<sup>-1</sup>, T2: 19,50±2,59 kg. ha<sup>-1</sup>) (p=0.0378), teniendo una mayor absorción a los 120 DDT (T1; 31,99±1,83 kg. ha<sup>-1</sup>, T2: 16,95±5,56 kg. ha<sup>-1</sup>) (p=0.0021) (Tabla 12).

En cuanto al tallo (Figura 4b) se observa una diferencia estadística desde los 30 días hasta los 150 DDT (p=0.0064) en donde el T1 acumuló 18,84 kg. ha<sup>-1</sup> y el T2 tuvo 13,92 kg. ha<sup>-1</sup> de N (Tabla 12). La raíz (Figura 4a) no presentaron diferencias significativas hasta los 120 DDT teniendo (T1: 5,66±0,89 kg. ha<sup>-1</sup>, T2: 3,71 ±0,93 kg. ha<sup>-1</sup>) (p=0.0229), mientras la flor (Figura 4d) presenta diferencia significativa para los 90, 120 y 150 DDT presentando un contenido de N acumulado de (T1: 2,74±0,01 kg. ha<sup>-1</sup>, T2: 2,89±0,01 kg. ha<sup>-1</sup>) (p=<0.0001) (Tabla 12).

**Tabla 12**

*Promedio ± desviación estándar de la absorción del nitrógeno evaluado en kg. ha<sup>-1</sup> a los 30, 60, 90, 120, 150 DDT, en cada órgano de la planta de tomate riñón.*

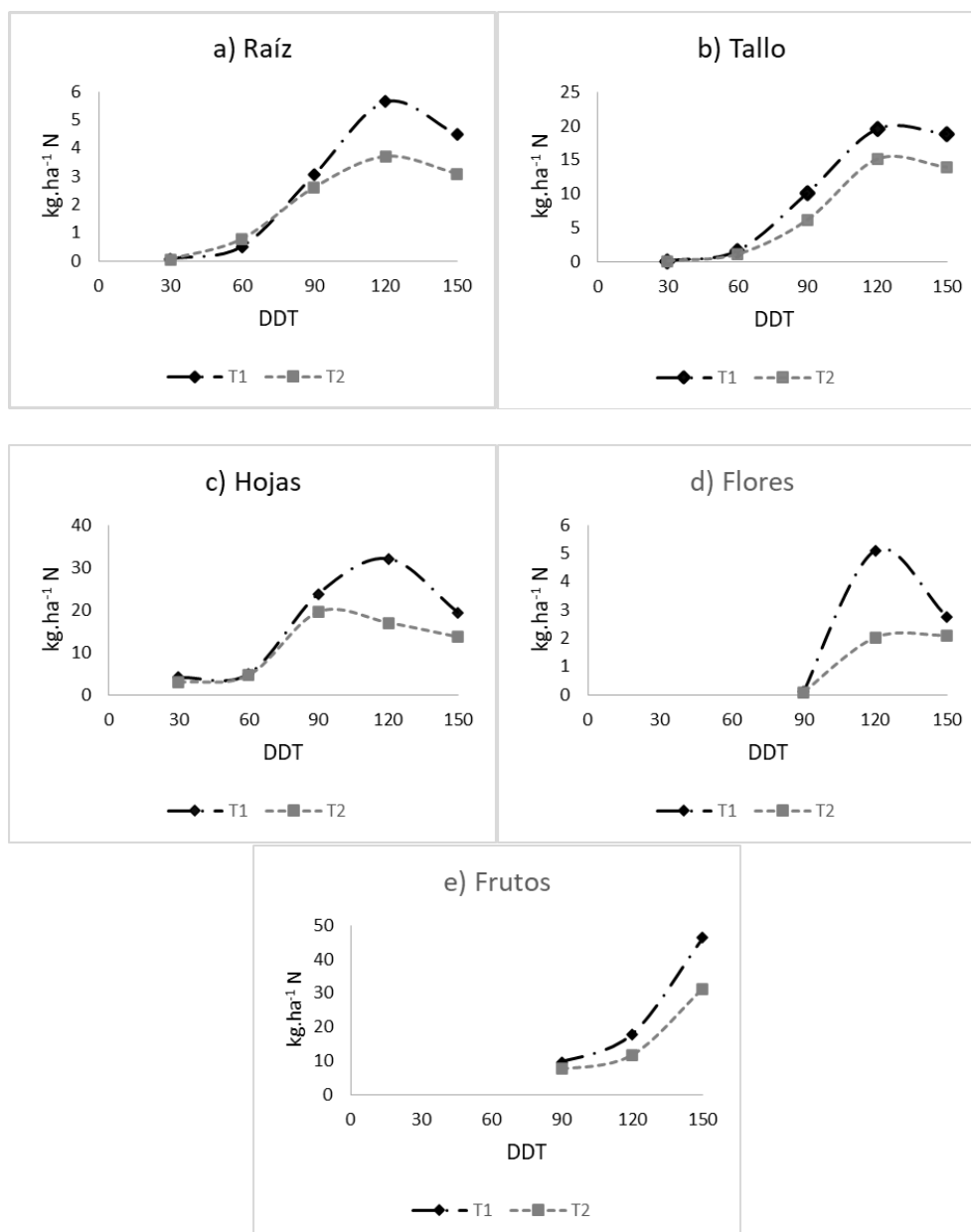
Nitrógeno						
DDT	Tratamiento	Raíz	Tallo	Hoja	Flor	Fruto
30	T1 (NUTRIQ)	0,07±0,01 a	0,07±0,01 a	4,13±0,02 a	-	-
	T2 (CONV)	0,05±0,01 a	0,05±0,01 a	2,89±0,08 b	-	-
60	T1 (NUTRIQ)	0,51±0,18 a	1,57±0,11 a	4,97±1,00 a	-	-
	T2 (CONV)	0,78±0,40 a	1,06±0,12 b	4,58±0,26 a	-	-
90	T1 (NUTRIQ)	3,05±0,40 a	10,12±0,77 a	23,81±1,96 a	0,12±0,01 a	9,55±0,02 a
	T2 (CONV)	2,60±0,51 a	6,15±0,67 b	19,50±2,59 b	0,09±0,02 b	7,65±0,04 b
120	T1 (NUTRIQ)	5,66±0,89 a	19,58±1,63 a	31,99±1,83 a	5,10±0,01 a	17,78±3,21 a
	T2 (CONV)	3,71±0,93 b	15,15±2,39 b	16,95±5,56 b	2,02±0,19 b	11,77±1,45 b
150	T1 (NUTRIQ)	4,48±0,51 a	18,84±1,46 a	19,31±2,59 a	2,74±0,01 a	46,27±4,71 a
	T2 (CONV)	3,09±0,34 b	13,92±1,91 b	13,59±2,26 b	2,09±0,01 b	31,17±10,17 b

*Nota.* Medias de una columna que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (Duncan; p ≤0,05).



**Figura 4**

Curvas de absorción de nitrógeno en plantas de tomate riñón ( $\text{kg. ha}^{-1}$ ), en las diferentes partes de la planta, durante 150 DDT. Raíz (a), tallo (b), hojas(c), flores (d), fruto(e).



*Nota.* T1: Fertilización compleja (NUTRIQ EQ) y T2: Fertilización convencional (CONV); DDT: Días después del trasplante.

### Fósforo

El fósforo en las hojas tiene la mayor capacidad de absorción de este elemento durante el ciclo de cultivo (Figuras 5c), en donde a partir de los 30 DDT muestran un incremento (T1:  $0,52 \pm 0,01$   $\text{kg. ha}^{-1}$ , T2:  $0,39 \pm 0,01$   $\text{kg. ha}^{-1}$ ) ( $p=0,0013$ ) hasta los 150 DDT (T1:  $17,85 \pm 1,14$   $\text{kg. ha}^{-1}$ , T2:  $11,88 \pm 0,35$

kg. ha<sup>-1</sup>) (p=0.0001). El fruto (Figura 5e) es el segundo órgano que mayor acumulación presenta de este elemento durante el ciclo del cultivo, obteniendo a los 150 DDT acumulación total para T1: 12,72 ±1,08 kg. ha<sup>-1</sup> y T2: 10,19±0,37 kg. ha<sup>-1</sup> (p=0.0044) (Tabla 13).

En cuanto al tallo (Figuras 5b), se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (p= 0.0001), a partir de los 60 DDT presentan una mayor absorción del elemento hasta llegar a los 150 DDT con T1: 11,32 ±3,20 kg. ha<sup>-1</sup> y T2: 6,45±0,18 kg. ha<sup>-1</sup> (p=0.0226) (Tabla 13).

Para la raíz la mayor absorción se presenta a los 120 días (T1: 2,05±0,28 kg. ha<sup>-1</sup>, T2: 1,08±0,60 kg. ha<sup>-1</sup>) (p=0.0103). En la flor no se encontraron diferencias estadísticamente significativas tanto a los 90 DDT (p=0.6310) y 120 DDT (p= 0.5023) en la absorción de fósforo (Figuras 5a y 5d).

**Tabla 13**

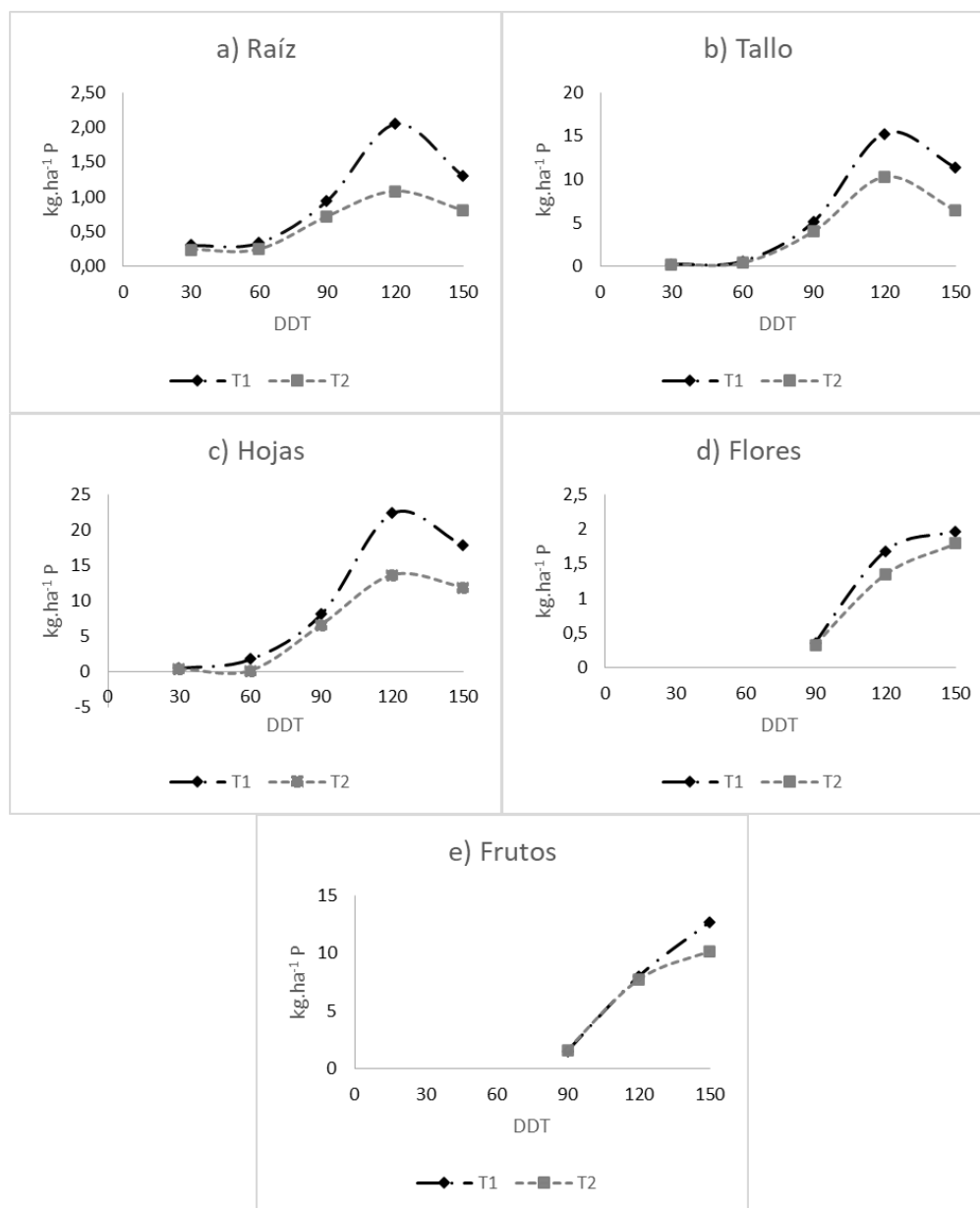
*Promedio ± desviación estándar de la absorción del fósforo evaluado en kg. ha<sup>-1</sup> a los 30, 60, 90, 120, 150 DDT, en cada órgano de la planta de tomate riñón.*

Fósforo						
DDT	Tratamiento	Raíz	Tallo	Hoja	Flor	Fruto
30	T1 (NUTRIQ)	0,31±0,3 a	0,24±0,04 a	0,52±0,01 a	-	-
	T2 (CONV)	0,24±0,2 a	0,26±0,02 a	0,39±0,04 b	-	-
60	T1 (NUTRIQ)	0,34±0,03 a	0,59±0,67 a	1,81±0,7 a	-	-
	T2 (CONV)	0,25±0,02 a	0,40±0,14 b	0,14±0,1 a	-	-
90	T1 (NUTRIQ)	0,95±0,04 a	5,12±0,29 a	8,15±0,25 a	0,36±0,01 a	1,51±0,02 a
	T2 (CONV)	0,72±0,10 a	4,04±0,21 b	6,60±0,27 b	0,33±0,01 b	1,62±0,01 b
120	T1 (NUTRIQ)	2,05±0,28 a	15,28±1,05 a	22,39±1,28 a	1,68±0,01 a	7,98±2,25 a
	T2 (CONV)	1,08±0,60 b	10,35±0,77 b	13,59±0,42 b	1,35±0,01 b	7,71±0,08 b
150	T1 (NUTRIQ)	1,30±0,17 a	11,32±3,20 a	17,85±1,14 a	1,97±0,01 a	12,72±1,08 a
	T2 (CONV)	0,81±0,17 b	6,45±0,18 b	11,88±0,35 b	1,79±0,01 b	10,19±0,37 b

*Nota.* Medias de una columna que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (Duncan; p ≤0,05).

**Figura 5**

Curvas de absorción de fósforo en plantas de tomate riñón ( $\text{kg. ha}^{-1}$ ), en las diferentes partes de la planta, durante 150 DDT. Raíz (a), tallo (b), hojas(c), flores (d), fruto(e).



Nota. T1: Fertilización compleja (NUTRIQ EQ) y T2: Fertilización convencional (CONV); DDT: Días después del trasplante.

## Potasio

Las curvas de extracción para el potasio en el fruto (Figura 6e) muestra diferencia estadística a los 90 DDT ( $p= 0.0001$ ) con una absorción promedio de  $14,18 \text{ kg. ha}^{-1}$  con el T1 (fertilización compleja NUTRIQ EQ) y  $15,49 \text{ kg. ha}^{-1}$  para el T2 (fertilización convencional CONVEN). El fruto a los

150 DDT presenta mayor absorción de potasio ( $p= 0.0020$ ) para el T1 con un promedio de absorción 83,15 kg. ha<sup>-1</sup> a diferencia del T2 que tuvo un promedio de 65,71K kg. ha<sup>-1</sup> (Tabla 14).

La curva de absorción de potasio en hoja (Figura 6c), presenta diferencia desde los 30 DDT ( $p=0.0050$ ) (T1: 1,27±0,01 kg. ha<sup>-1</sup>, T2: 0,70±0,10 kg. ha<sup>-1</sup>) teniendo a los 150 DDT una acumulación promedio de 25,75 kg. ha<sup>-1</sup> para el T1 y 18,25 kg. ha<sup>-1</sup> para el T2.

La absorción del K en el tallo (Figura 6b) presenta diferencia significativa a los 120 DDT ( $p=0.0005$ ) (T1: 20,81±1,33 kg. ha<sup>-1</sup>, T2: 15,22±0,97 kg. ha<sup>-1</sup>).

En la flor la mayor cantidad de absorción de K empieza a los 120 DDT con 5,10 kg. ha<sup>-1</sup> en el T1 y 5,65 kg. ha<sup>-1</sup> con el T2 ( $p=0.0001$ ).

El órgano que menos absorción de K presenta es la raíz (Figura 6a) alcanzando a los 120 DDT ( $p=0.0016$ ) (T1: 2,98±0,64kg. ha<sup>-1</sup>, T2: 1,23±0,07 kg. ha<sup>-1</sup>) disminuyendo a los 150 DDT teniendo ( $p=0.0411$ ) 0,89kg. ha<sup>-1</sup> para T1 y 0,52 kg. ha<sup>-1</sup> para T2 (Tabla 14).

**Tabla 14**

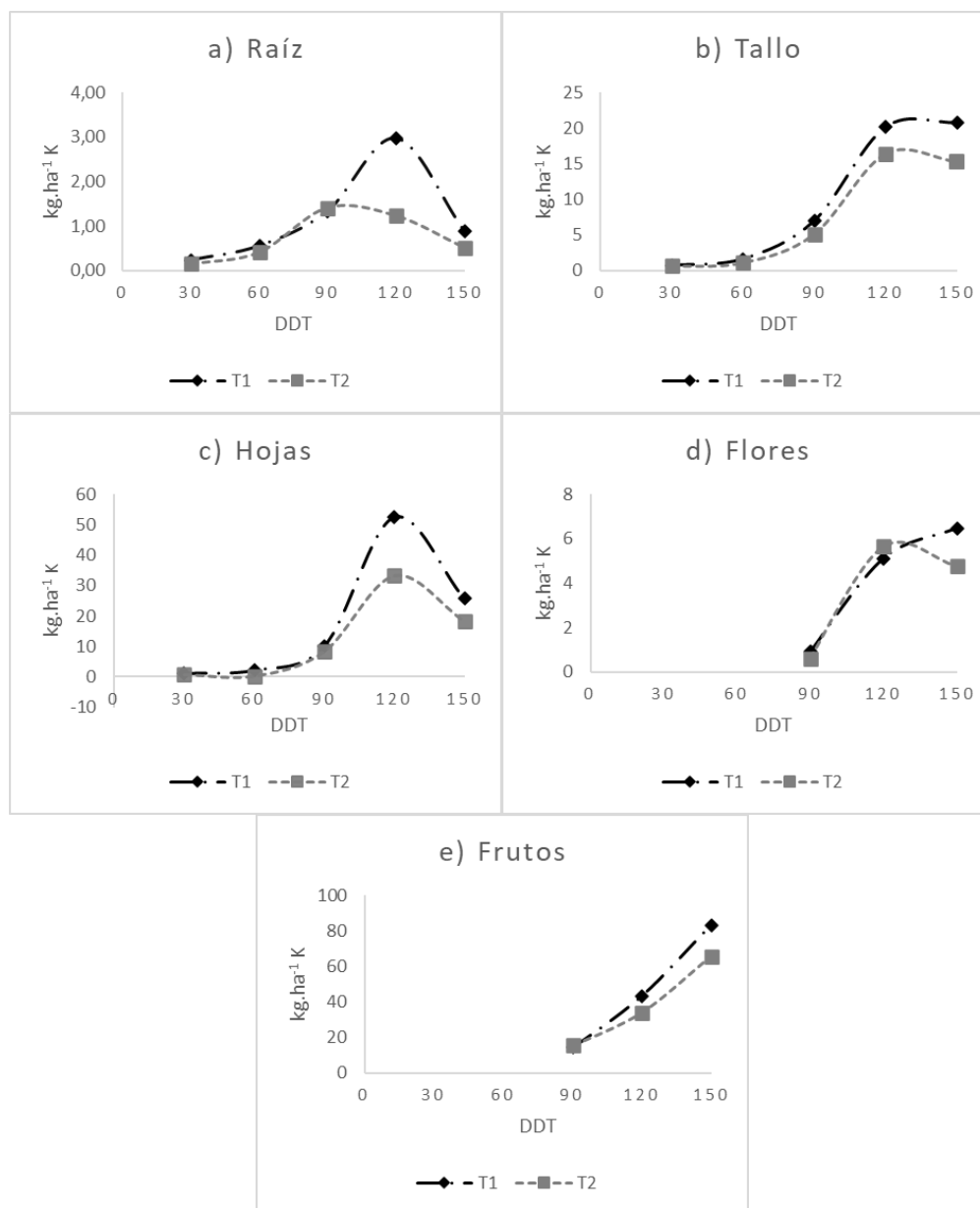
*Promedio ± desviación estándar de la absorción del potasio evaluado en kg. ha<sup>-1</sup> a los 30, 60, 90, 120, 150 DDT, en cada órgano de la planta de tomate riñón.*

		Potasio				
DDT	Tratamiento	Raíz	Tallo	Hoja	Flor	Fruto
30	T1 (NUTRIQ)	0,23±0,01 a	0,68±0,01 a	1,27±0,01 a	-	-
	T2 (CONV)	0,15±0,01 a	0,61±0,01 a	0,70±0,10 b	-	-
60	T1 (NUTRIQ)	0,55±0,03 a	1,62±0,09 a	2,30±0,34 a	-	-
	T2 (CONV)	0,41±0,04 a	1,11±0,06 b	0,17±0,02 a	-	-
90	T1 (NUTRIQ)	1,33±0,05 a	6,97±0,15 a	10,20±0,99 a	0,90±0,01 a	14,18±0,01 a
	T2 (CONV)	1,41±0,15 a	5,14±0,04 b	8,29±0,77 b	0,59±0,01 b	15,49±0,25 b
120	T1 (NUTRIQ)	2,98±0,64 a	20,16±0,71 a	52,48±0,80 a	5,10±0,02 a	43,26±0,75 a
	T2 (CONV)	1,23±0,70 b	16,44±0,36 b	33,20±0,08 b	5,65±0,01 b	34,04±0,46 b
150	T1 (NUTRIQ)	0,88±0,28 a	20,81±1,33 a	25,75±1,49 a	6,47±0,01 a	83,15±1,53 a
	T2 (CONV)	0,52±0,06 b	15,22±0,97 b	18,25±0,01 b	4,75±0,01 b	65,71±0,51 b

*Nota.* Medias de una columna que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (Duncan;  $p \leq 0,05$ ).

**Figura 6**

Curvas de absorción de potasio en plantas de tomate riñón ( $\text{kg. ha}^{-1}$ ), en las diferentes partes de la planta, durante 150 DDT. Raíz (a), tallo (b), hojas(c), flores (d), fruto(e).



*Nota.* T1: Fertilización compleja (NUTRIQ EQ) y T2: Fertilización convencional (CONV); DDT: Días después del trasplante.

### Calcio

Las curvas de extracción de calcio en la hoja (Figura 7c), presenta diferencias estadísticas desde los 30 DDT ( $p=0.015$ ) (T1:  $0,70 \pm 0,08 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T2:  $1,0,40 \pm 0,04 \text{ kg. ha}^{-1}$ ), llegando a los 150 DDT ( $p=0,0001$ ) a  $56,04 \text{ kg. ha}^{-1}$  con el T1 y  $38,89 \text{ kg. ha}^{-1}$  para el T2. El tallo (Figura 7b) es el segundo

órgano que más absorbe el calcio teniendo a los 120 DDT ( $p=0,0009$ ) (T1:20,16±1,42 kg. ha<sup>-1</sup>, T2:14,98±0,94 kg. ha<sup>-1</sup>) y disminuyendo a los 150 DDT a 11,90 kg. ha<sup>-1</sup> para el T1 y 8,69 kg. ha<sup>-1</sup> para el T2 (Tabla 15).

Mientras tanto en el fruto (Figura 7e) la diferencia de absorción de Ca se presenta desde los 120 DDT ( $p=0,0003$ ) (T1:4,05±0,24 kg. ha<sup>-1</sup>, T2: 3,12±0,07kg.ha<sup>-1</sup>) hasta los 150 DDT ( $p=0,0001$ ) (T1: 3,21±0,16 kg. ha<sup>-1</sup>, T2:2,41±0,07 kg. ha<sup>-1</sup>). En cuanto al Ca en la flor (Figura 7d) la diferencia de absorción de Ca se presenta desde los 90 DDT ( $p=0,0167$ ) (T1:0,07±0,01 kg.ha<sup>-1</sup>, T2: 0,04±0,01 kg. ha<sup>-1</sup>) hasta los 150 DDT ( $p=0,0240$ ) (T1: 0,46±0,03 kg.ha<sup>-1</sup>, T2:0,33±0,02kg.ha<sup>-1</sup>). Finalmente, en la raíz el Ca no presenta diferencia a los 30 DDT ( $p=0,48$ ) (Figura 7a), esto cambia a los 120DDT ( $p=0,0003$ ) donde el T1 acumula 0,71 kg. ha<sup>-1</sup> y el T2: 0.23 kg. ha<sup>-1</sup>(Tabla 15).

**Tabla 15**

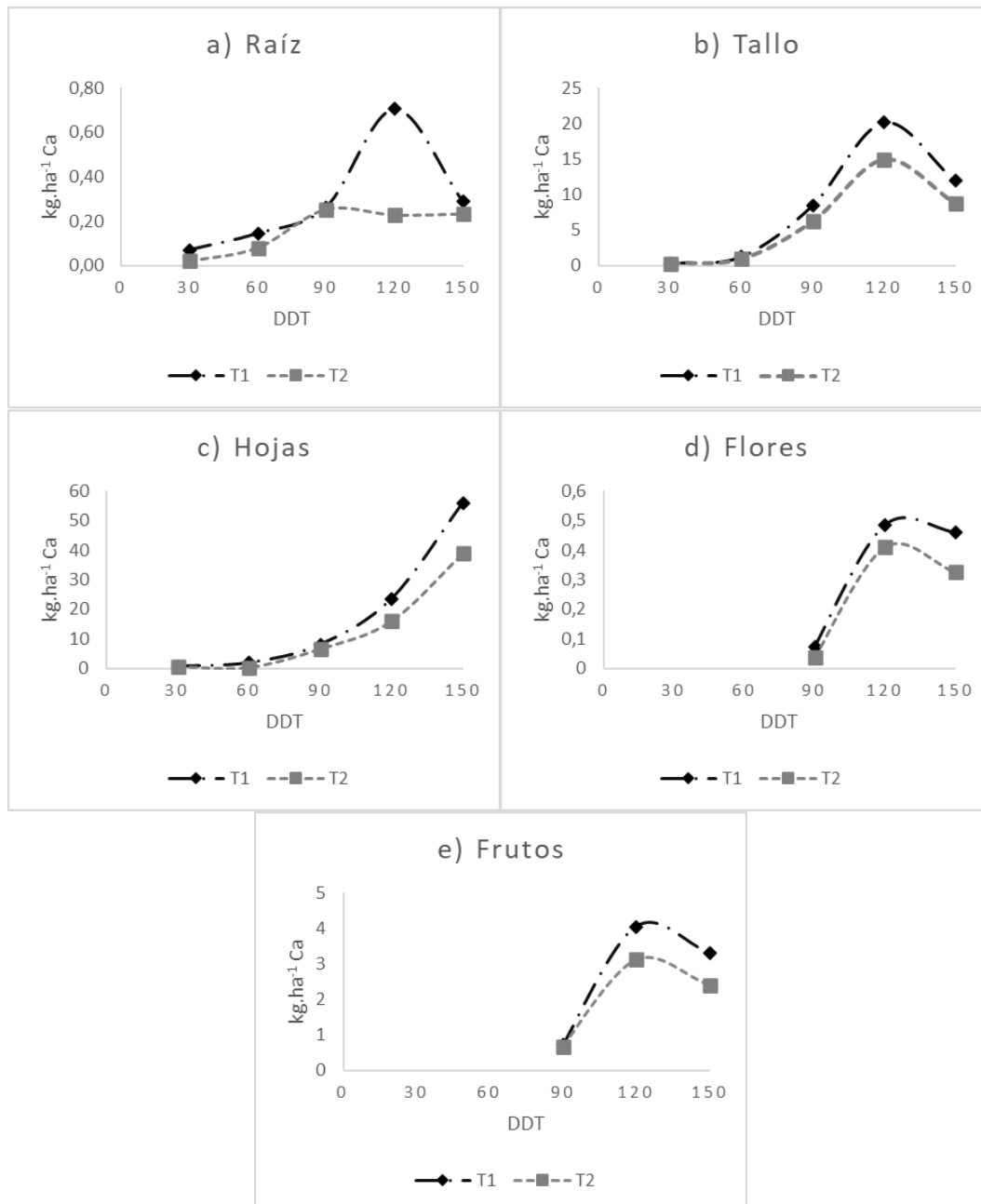
*Promedio ± desviación estándar de la absorción del calcio evaluado en kg. ha<sup>-1</sup> a los 30, 60, 90, 120, 150 DDT, en cada órgano de la planta de tomate riñón.*

Calcio						
DDT	Tratamiento	Raíz	Tallo	Hoja	Flor	Fruto
30	T1 (NUTRIQ)	0,07±0,01 a	0,30±0,05 a	0,60±0,08 a	-	-
	T2 (CONV)	0,02±0,01 a	0,27±0,03 a	0,40±0,04 b	-	-
60	T1 (NUTRIQ)	0,14±0,07 a	1,26±0,04 a	1,85±0,02 a	-	-
	T2 (CONV)	0,08±0,01 a	0,90±0,01 b	0,15±0,02 a	-	-
90	T1 (NUTRIQ)	0,26±1,34 a	8,47±0,71 a	8,02±0,08 a	0,07±0,01 a	0,72±0,03 a
	T2 (CONV)	0,25±0,03 a	6,27±0,09 b	6,39±0,18 b	0,04±0,01 b	0,68±0,02 b
120	T1 (NUTRIQ)	0,71±0,13 a	20,16±1,42 a	23,55±0,05 a	0,48±0,01 a	4,05±0,24 a
	T2 (CONV)	0,23±0,01 b	14,98±0,94 b	15,89±0,04 b	0,41±0,01 b	3,12±0,07 b
150	T1 (NUTRIQ)	0,29±0,05 a	11,90±0,09 a	56,04±1,22 a	0,46±0,03 a	3,31±0,16 a
	T2 (CONV)	0,23±0,02 b	8,69±0,03 b	38,89±0,10 b	0,33±0,22 b	2,41±0,07 b

*Nota.* Medias de una columna que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (Duncan;  $p \leq 0,05$ ).

**Figura 7**

Curvas de absorción de calcio en plantas de tomate riñón ( $\text{kg. ha}^{-1}$ ), en las diferentes partes de la planta, durante 150 DDT. Raíz (a), tallo (b), hojas(c), flores (d), fruto(e).



Nota. T1: Fertilización compleja (NUTRIQ EQ) y T2: Fertilización convencional (CONV);  
DDT: Días después del trasplante.

## Extracción Total

### Fertilización Compleja (NUTRIQ EQ)

En la tabla 16, se detallan las cantidades extraídas por cada parte de la planta de los principales nutrientes N, P, K y Ca durante los 150 días de duración del cultivo de tomate riñón híbrido Etereí con el tratamiento T1, correspondiente a la fertilización compleja NUTRIQ EQ.

La dinámica de extracción total se expresó de la siguiente manera:  $K > N > Ca > P$ , siendo el potasio el elemento más extraído ( $301,26 \text{ kg. ha}^{-1}$ ), seguido del nitrógeno ( $229,74 \text{ kg. ha}^{-1}$ ). Esta misma dinámica de extracción se presenta en tallo, hojas, flores y fruto. No así en la raíz, pues el segundo elemento más importante es el potasio teniendo:  $N > K > P > Ca$ . El fruto es el órgano de mayor acumulación de nutrientes y el potasio es el elemento más absorbido ( $140,58 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) seguido del nitrógeno ( $84,21 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) (Tabla 16).

**Tabla 16**

*Absorción total de nutrientes (N, P, K, Ca) en  $\text{kg. ha}^{-1}$  por órgano de la planta de tomate riñón híbrido Etereí durante 150 DDT, con fertilizantes complejos T1 (NUTRIQ EQ).*

Parte de la planta	N	P	K	Ca
	$\text{kg. ha}^{-1}$			
Raíz	13,77	4,95	5,98	1,47
Tallo	50,19	32,55	50,23	42,09
Hojas	84,21	50,72	92,00	90,06
Flores	7,96	4,01	12,47	1,02
Fruto	73,61	22,21	140,58	8,08
Total	229,74	114,44	301,26	142,72

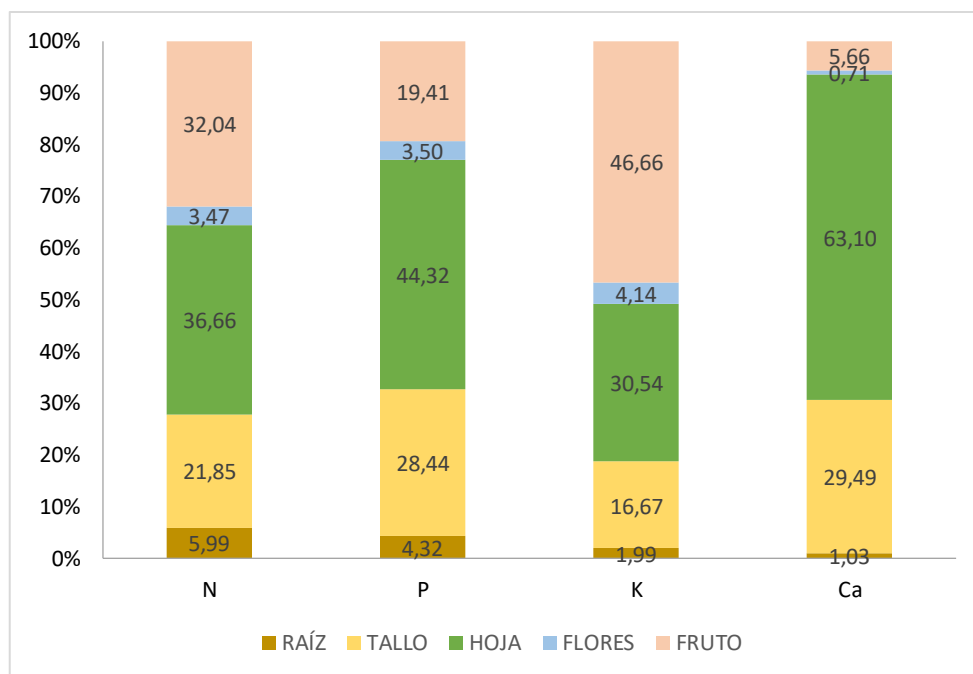
*Nota.* Autoría propia

La obtención de los valores de extracción total de nutrientes para cada órgano de la planta permitió tener el porcentaje de acumulación de nutrientes en plantas de tomate riñón híbrido Etereí, donde se puede observar que el fruto, la hoja y el tallo fueron los órganos de la planta que presentaron la mayor acumulación de cada nutriente (Figura 8).



**Figura 8**

*Acumulación porcentual de nutrientes (N, P, K y Ca) por cada órgano de la planta de tomate riñón híbrido Etereí con fertilizantes complejos (NUTRIQ EQ).*



*Nota.* Los datos fueron tomados durante 150 días del cultivo de tomate riñón.

La Tabla 17 muestra las frecuencias de acumulación (relativa y acumulada), del total de extracción en porcentaje de cada elemento (N, P, K y Ca), en plantas de tomate riñón híbrido Etereí durante 150 días con fertilizantes complejos (NUTRIQ EQ).

El calcio, potasio y nitrógeno muestran una acumulación constante durante todo el ciclo, siendo la más alta a los 150 DDT con el 50,45%, 45,50% y 39,89% respectivamente; mientras el fósforo presenta la mayor acumulación a los 90 DDT con el 43,16%, reduciéndose a los 150 DDT a 39,46% (Tabla 17).

**Tabla 17**

*Acumulación relativa de N, P K, Ca en tomate riñón híbrido Etereí con fertilizantes complejos (NUTRIQ EQ) durante 150 DDT.*

DDT	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio	
	Relativa	Acumulada	Relativa	Acumulada	Relativa	Acumulada	Relativa	Acumulada
30	1,86	1,86	0,93	0,93	0,72	0,72	0,68	0,68
60	3,07	4,93	2,39	3,32	1,48	2,2	2,28	2,96
90	20,31	25,24	14,06	17,38	11,14	13,34	12,29	15,25
120	34,87	60,11	43,16	60,54	41,15	54,49	34,30	49,55
150	39,89	100,00	39,46	100,00	45,50	100,00	50,45	100,00

*Nota.* Los datos fueron tomados durante 150 días del cultivo de tomate riñón.

### **Fertilización Convencional (CONV)**

La Tabla 18, muestra las cantidades extraídas en kg. ha<sup>-1</sup> de los principales nutrientes (N, P, K y Ca) de cada parte de la planta hasta los 150 días del cultivo de tomate riñón híbrido Etereí para el tratamiento T2 correspondiente a la fertilización convencional.

Para la tasa de extracción total se obtuvo la siguiente relación: K>N> Ca> P, el elemento que mayor acumulación obtuvo al final del ciclo fue el potasio 229,17 kg. ha<sup>-1</sup> seguido del nitrógeno con 158,83 kg. ha<sup>-1</sup>. Para el tallo, flores y fruto la dinámica de absorción se presentó de la siguiente manera K>N>P>Ca. En la raíz se presentó de diferente manera teniendo N>K>P>Ca y para el caso de las hojas se tuvo que Ca>K>N>P. El fruto es la parte de la planta que más acumula nutrientes, principalmente potasio (115.23 kg. ha<sup>-1</sup>) y nitrógeno (50,59 kg. ha<sup>-1</sup>) (Tabla 18).

**Tabla 18**

*Absorción total de nutrientes (N, P, K, Ca) en kg. ha<sup>-1</sup> por órgano de la planta de tomate riñón híbrido Etereí durante 150 DDT, con fertilizantes convencionales T2 (CONVEN).*

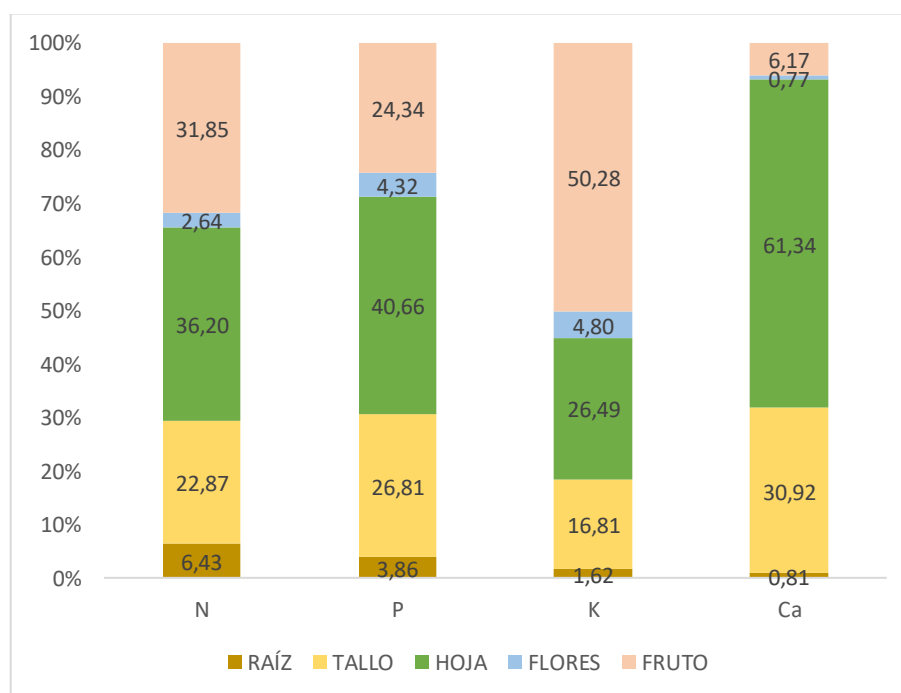
Parte de la planta	N	P	K	Ca
	kg. ha <sup>-1</sup>			
Raíz	10,22	3,10	3,72	0,81
Tallo	36,32	21,50	38,53	31,11
Hoja	57,50	32,60	60,70	61,72
Flores	4,20	3,47	10,99	0,77
Fruto	50,59	19,52	115,23	6,21
Total	158,83	80,18	229,17	100,62

*Nota.* Autoría propia.

La obtención de los valores de extracción total de nutrientes para cada órgano de la planta permitió tener el porcentaje de acumulación de nutrientes en plantas de tomate riñón híbrido Etereí, donde se puede observar que el fruto y la hoja fueron los órganos de la planta que presentaron la mayor acumulación de cada nutriente (Figura 9).

**Figura 9**

*Acumulación porcentual de nutrientes (N, P, K y Ca) por cada órgano de la planta de tomate riñón híbrido Etereí con fertilizantes convencional (CONV).*



*Nota.* Los datos fueron tomados durante 150 días del cultivo de tomate riñón.

La Tabla 19 muestra las frecuencias de acumulación (relativa y acumulada) del total de absorción en porcentaje de los elementos (N, P, K, Ca), en plantas de tomate riñón durante 150 días de cultivo, con fertilizantes convencionales (CONV).

El calcio, potasio y nitrógeno muestran una acumulación constante durante todo el ciclo, siendo la más alta a los 150 DDT con el 50,23%, 45,58% y 40,21% respectivamente; mientras el fósforo presenta la mayor acumulación a los 90 DDT con el 42,51%, reduciéndose a los 150 días a 38,79% (Tabla 19).

**Tabla 19**

*Acumulación relativa de N, P K, Ca en tomate riñón híbrido Etereí con fertilizantes convencionales (CONV) durante 150 DDT.*

DDT	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio	
	Relativa	Acumulada	Relativa	Acumulada	Relativa	Acumulada	Relativa	Acumulada
30	1,88	1,88	1,11	1,11	0,64	0,64	0,68	0,68
60	4,04	5,92	0,98	2,09	0,74	1,38	1,12	1,80
90	22,65	28,57	16,59	18,68	13,49	14,87	13,54	15,34
120	31,23	59,8	42,51	61,19	39,56	54,43	34,42	49,76
150	40,21	100,00	38,79	100,00	45,58	100,00	50,23	100,00

*Nota.* Los datos fueron tomados durante 150 días del cultivo de tomate riñón.

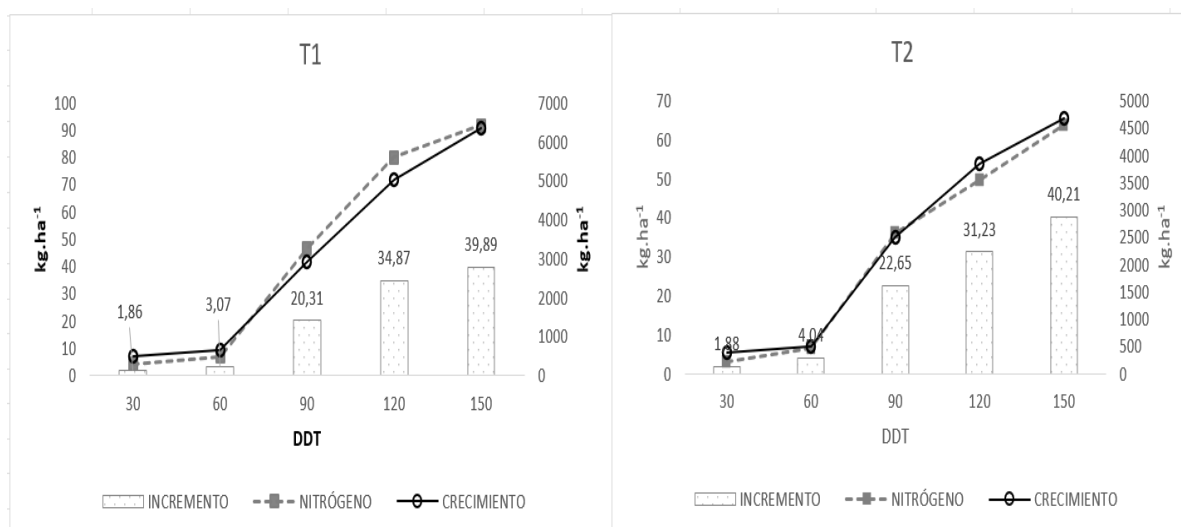
## Relación del Crecimiento y Absorción de N, P, K y Ca.

### Nitrógeno

En la Figura 10, se observa la relación entre la absorción de nitrógeno total y el crecimiento del cultivo durante 150 días, tanto para el tratamiento T1 con fertilizantes complejos (NUTRIQ EQ) como para el tratamiento T2 con fertilizantes convencionales, se observa que el crecimiento mantiene un incremento constante durante el ciclo. La mayor demanda de nitrógeno se da desde los 120 hasta 150 días después del trasplante, ya que en esta fecha se presenta el incremento más alto de absorción de este elemento (T1:34,85%, T2:31,23%); pasando de 80,12 a 91,65 kg. ha<sup>-1</sup> en el T1 y de 49,60 a 63,86 kg. ha<sup>-1</sup> en el T2.

**Figura 10**

*Curvas de relación entre la extracción total de nitrógeno y el crecimiento en plantas de tomate riñón híbrido Etereí con dos tipos de fertilización T1: fertilizantes complejos (NUTRIQ EQ) y T2: fertilizantes convencionales (CONV), durante 150 DDT.*



*Nota.* Los valores dentro de las barras representan un aumento porcentual en la acumulación de nutrientes.

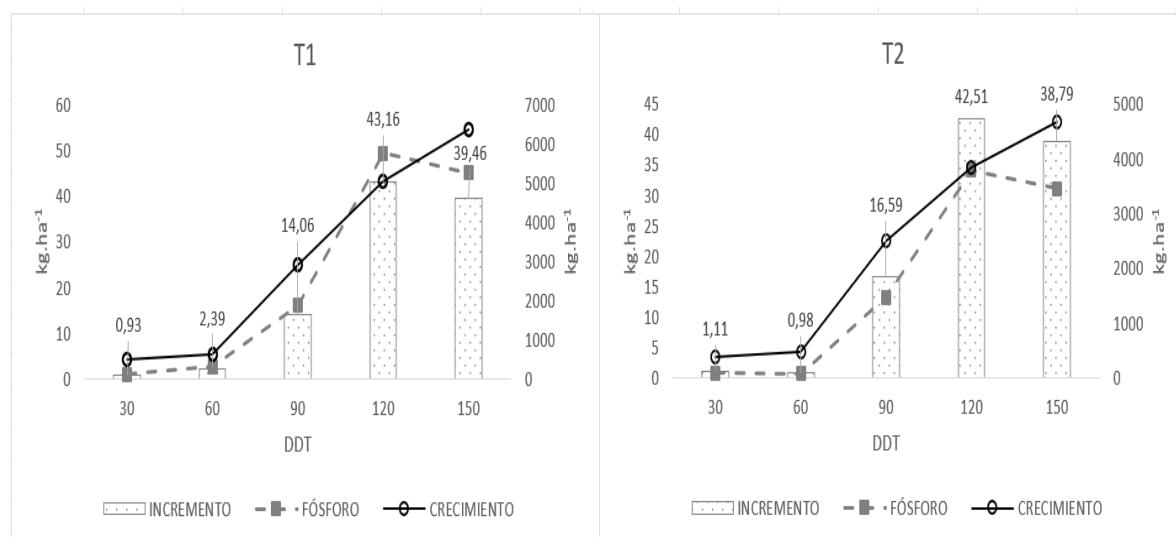
### Fósforo

En la Figura 11 muestra la dinámica entre el crecimiento de las plantas de tomate riñón híbrido Etereí y la acumulación de fósforo bajo diferentes tratamientos. Se observa que el

crecimiento aumenta en cada etapa de desarrollo, la mayor demanda de fósforo se presentó a los 120 DDT, donde el T1 (fertilización compleja NUTRIQ EQ) acumuló el 43,16% de este elemento y el T2 (fertilización convencional CONVEN) 42,51%. En cambio, a los 150 DDT la acumulación de fósforo disminuyó en T1: 39,46% y en el T2: 38,79%.

**Figura 11**

*Curvas de relación entre la extracción total de fósforo y el crecimiento en plantas de tomate riñón híbrido Etereí con dos tipos de fertilización T1: fertilizantes complejos (NUTRIQ EQ) y T2: fertilizantes convencionales (CONV), durante 150 DDT.*



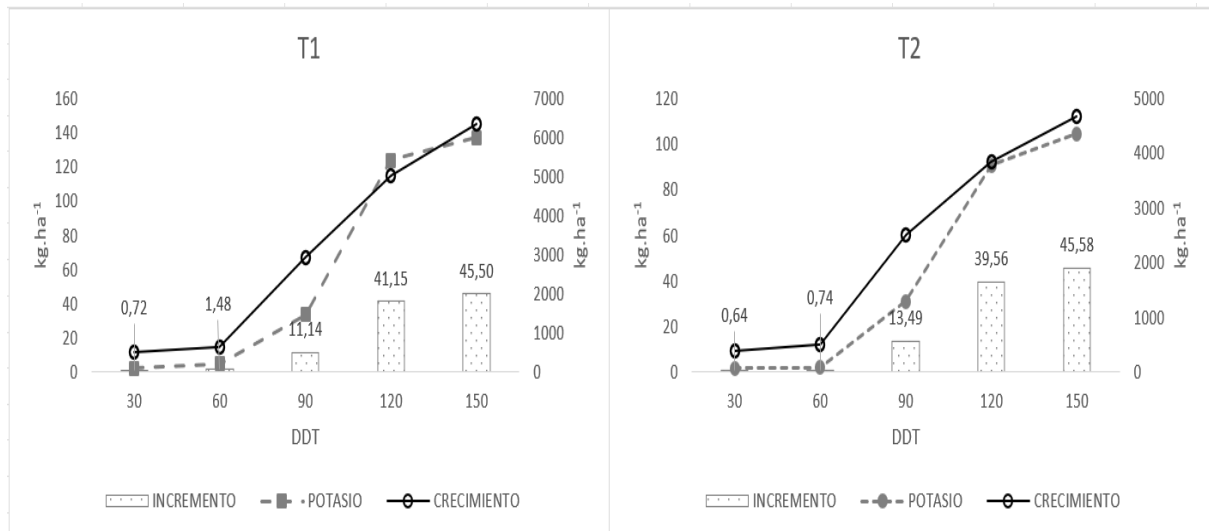
*Nota.* Los valores dentro de las barras representan un aumento porcentual en la acumulación de nutrientes.

### Potasio

En la Figura 12 muestra la dinámica entre el crecimiento de las plantas de tomate riñón híbrido Etereí y la acumulación de fósforo bajo diferentes tratamientos. La mayor demanda de potasio se da desde los 120 hasta 150 días, presentando un incremento en la absorción de este elemento teniendo para el T1 (fertilización compleja NUTRIQ EQ) 41,15% y para el T2 (fertilización convencional CONVEN) 39,56%; pasando de 123,98 a 137,06 kg. ha<sup>-1</sup> en el T1 y de 90,66 a 104,45 kg. ha<sup>-1</sup> en el T2.

**Figura 12**

Curvas de relación entre la extracción total de potasio y el crecimiento en plantas de tomate riñón híbrido Etereí con dos tipos de fertilización T1: fertilizantes complejos (NUTRIQ EQ) y T2: fertilizantes convencionales (CONV), durante 150 DDT.



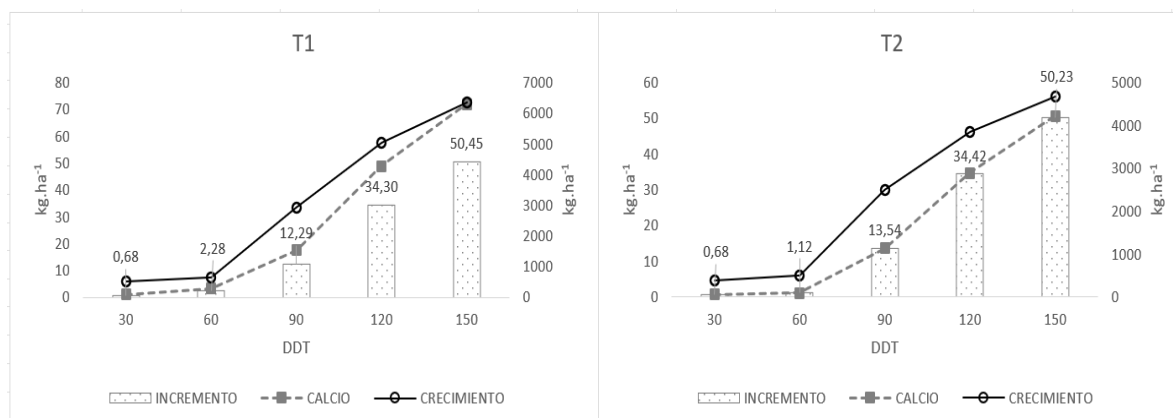
*Nota.* Los valores dentro de las barras representan un aumento porcentual en la acumulación de nutrientes.

### Calcio

Como se muestra en la Figura 13, se presenta la dinámica entre la curva de crecimiento y la curva de acumulación de nutrientes tanto para el T1 (NUTRIQ EQ) como en el T2 (CONV). En donde el mayor incremento de absorción de calcio se presenta desde los 90 días en los dos tratamientos (T1: 12, 29%; T2:13,54%) hasta llegar a los 150 días donde existe un incremento de absorción de calcio 50,45% para el T1 y 50,23%.

**Figura 13**

Curvas de relación entre la extracción total de calcio y el crecimiento en plantas de tomate riñón híbrido Etereí con dos tipos de fertilización T1: fertilizantes complejos (NUTRIQ EQ) y T2: fertilizantes convencionales (CONV), durante 150 DDT.



*Nota.* Los valores dentro de las barras representan un aumento porcentual en la acumulación de nutrientes.

### Rendimiento

El rendimiento del cultivo de tomate híbrido Etereí presentó diferencias significativas entre los dos tratamientos ( $t_{1,13} = 5,03$ ;  $p = 0,0012$ ). Durante el periodo de cosecha se obtuvo que el rendimiento fue de 4,68 kg. planta<sup>-1</sup> y 28,67 kg.m<sup>-2</sup> para el tratamiento T1 (NUTRIQ EQ) mientras que para el tratamiento T2 (CONV) se obtuvo 4,08 kg. planta<sup>-1</sup> y 26,11 kg.m<sup>-2</sup>. El número total de frutos por planta fue de 33,45 y 30,46 frutos. planta<sup>-1</sup> respectivamente.

**Tabla 20**

Rendimiento para tomate riñón híbrido Etereí con fertilización compleja T1 (NUTRIQ EQ) y fertilización convencional (CONV).

Tratamiento	Kg. planta <sup>-1</sup> *	Kg.m <sup>-2</sup> **	Frutos.racimo <sup>-1</sup>	Total de frutos. planta <sup>-1</sup>
T1 (NUTRIQ EQ)	4,68±1,45 a	28,67±1,02 a	4,05 ±1,13 a	33,45±2,01 a
T2 (CONV)	4,08±1,03 b	26,11±0,98 b	3,58±1,05 b	30,46±1,93 b

*Nota.* \*Cosecha al séptimo racimo; \*\*Densidad de 6,4 plantas.m<sup>-2</sup>. Medias de una columna que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (Duncan;  $p \leq 0,05$ ).



**Tabla 21**

Peso y grados brix dado para cada categoría en el cultivo de tomate riñón híbrido Etereí con fertilización compleja T1 (NUTRIQ EQ) y fertilización convencional (CONV).

Variable	Tratamiento	Clasificación del tomate de acuerdo con el diámetro ecuatorial.		
		I (Grande) 70 mm < Ø < 100 mm > 180 g	II (Mediano) 56 mm < Ø < 70 mm 120-180 g	III (Pequeño) 40 mm < Ø < 56 mm < 120 g
Peso del fruto (g)	T1 (NUTRIQ EQ)	179,56±4,03 a 38,24±0,5%*	130,09±3,03 a 47,06±2,2%*	60,12±1,39 a 14,70±0,42%*
	T2 (CONV)	178,62±3,12 b 35,48±0,21%*	128,37±2,03 b 45,16±1,43%*	58,34±1,04 b 19,36±0,5%*
° Brix	T1 (NUTRIQ EQ)	5,2±1,12 a	6,9±1,40 a	5,4±1,62 a
	T2 (CONV)	5,1±1,04 a	6,4±1,30 a	5,2±1,73 a

Nota. \*Porcentaje del total de rendimiento (kg.m<sup>-2</sup>). Medias de una columna que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (Duncan; p ≤ 0,05).

### Análisis Económico

En la Tabla 22 se indica el análisis del indicador beneficio/ costo teniendo en cuenta todos los gastos, se determinó que el tratamiento T1 con fertilización compleja (NUTRIQ EQ) proporciona la mayor rentabilidad en la producción de tomate, con un beneficio/costo de 1,40 lo que significa que, por cada dólar invertido, se obtiene un beneficio de 40 centavos de dólar.

**Tabla 22**

Análisis económico beneficio/costo para la evaluación de la productividad del cultivo de tomate riñón híbrido Etereí con fertilización compleja (NUTRIQ EQ) T1 y fertilización convencional (CONV) T2.

Descripción	T1	T2
<b>Egresos</b>		
Plántulas (\$)	16,64	16,64
Mano de obra (\$)	100	100
Sanidad vegetal (\$)	135,35	135,35
Fertilizantes (\$)	378,25	412,2
Total egresos (\$)	630,24	664,19

Descripción	T1	T2
<b>Ingresos</b>		
Producción (Kg/40m <sup>2</sup> )	680,4	622,2
Valor (\$)	1,3	1,3
Total ingresos (\$)	884,52	808,86
<b>Relación B/C</b>	1,40	1,27

*Nota.* Para el resultado de la relación B/C se debe considerar que los ingresos netos sean mayores a los egresos netos para considerar la rentabilidad del proyecto.

## Discusión

### **Curvas de Crecimiento y Extracción de Nutrientes**

El crecimiento de las plantas del cultivo de tomate riñón aumentó desde los 30 días después del trasplante (DDT) hasta los 150 DDT. La hoja es el órgano que acumula la mayor cantidad de biomasa seca constante en los dos tratamientos (T1: 1625,44 kg.ha<sup>-1</sup>; T2: 1123,88 kg.ha<sup>-1</sup>). Al principio del desarrollo del cultivo gran parte de la materia seca acumulada se destino al crecimiento de la parte vegetativa y a medida que la planta envejecia se produjo un aumento progresivo en la cantidad destinada al desarrollo de los frutos.

El segundo órgano con mayor acumulación de materia seca es el fruto (T1: 1967,81 kg.ha<sup>-1</sup>; T2: 1540,63 kg.ha<sup>-1</sup>), seguido del tallo (T1: 1580,75 kg.ha<sup>-1</sup>; T2: 1161,94 kg.ha<sup>-1</sup>). A partir de los 90 DDT, se observa un aumento en la materia seca de la raíz junto con la flor pero se observa una disminucion para los 150 DDT. Los resultado obtenido en este estudio concuerdan con los hallazgos de Betancourt y Pierre (2013), los cuales indican que en las plantas de tomate, la acumulación de biomasa se distribuye de la siguiente manera: hoja>fruto>tallo>raíz>flores.

Según Peil y Galvez (2005), en los cultivos como el tomate, después de la primera fase de crecimiento vegetativo, los frutos comienzan su desarrollo y son recolectados de forma continua durante un período prolongado. Durante este tiempo, los demás órganos de la planta siguen creciendo, siendo el fruto el principal órgano que compite entre sí con los órganos vegetativos por los nutrientes disponibles.

La relación entre las curvas de extracción de nutrientes y el crecimiento de las plantas ha sido señalada por Putti *et al.* (2022), quienes afirman que a medida que la acumulación de materia seca aumenta, la absorción de elementos también aumenta. La secuencia en la que los nutrientes fueron extraídos para el híbrido Etereí es K>N>Ca>P, según se muestra en las Tablas 16 y 18, esta relación es similar a lo reportado por Bertsch (2003).

Al totalizar la absorción del cultivo se alcanzó que el fruto fue el órgano que mayor acumulación de N obtuvo (T1: 46,27 kg. ha<sup>-1</sup>, T2: 31,17 kg. ha<sup>-1</sup>) el nitrógeno se destina principalmente a la formación de estructuras foliares, formación de clorofila responsable del desarrollo de raíces, tallos y hojas, promueve el crecimiento de la altura de la planta, el área foliar y el número de flores, Bodale *et al.* (2021). Pero en etapas más avanzadas se destina a la producción de frutos y semillas, lo que explica por qué su contenido en las hojas comienza a disminuir a partir de la floración. Esta observación concuerda con los hallazgos presentados por Cadahia, (2005). Este elemento es el segundo elemento que presenta la mayor absorción (T1:229,74 kg.ha<sup>-1</sup>, T2:158.83 kg.ha<sup>-1</sup>). La secuencia final de extracción fue Frutos>Hojas>Tallo>Raiz>Flores a los 150 DDT para los dos tratamientos. La mayor demanda de nitrógeno se da desde los 120 hasta 150 días después del trasplante donde es importante manejar los niveles adecuados de N ya que es un elemento dinámico en el suelo es necesario fraccionarlo para evitar pérdidas, Quesada y Bertsch (2013).

Para el caso del fósforo fue el cuarto elemento que más fue absorbido. Según Bodale *et al.* (2021), el fósforo estimula el crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate, pero también se utiliza para la floración porque es responsable, en particular, de la iniciación de la floración y la maduración de los frutos. Durante los primeros 120 días, se observó la primera floración y un aumento significativo de este elemento (T1: 43,16%, 42,51%), con una absorción total de 114,44 kg. ha<sup>-1</sup> y 80 kg. ha<sup>-1</sup> en el T1 y T2 respectivamente. Este patrón de absorción de fósforo es similar al estudiado por Moraes *et al.* (2018) y Fayad *et al.* (2002). La secuencia final de extracción fue Hojas>Frutos>Tallo>Raiz>Flores para el T1 Hojas> Tallo>Frutos> Flores>Raiz para T2 a los 150 DDT.

El potasio fue el elemento de mayor demanda del cultivo (T1:301,26 kg.ha<sup>-1</sup>,T2:229,17 kg.ha<sup>-1</sup>), lo cual coincide con lo señalado por Campos *et al.* (2010) y Putti *et al.* (2022). Es esencial para el metabolismo de las plantas, ya que desempeña un papel fundamental en diversas funciones, como la activación de enzimas, el transporte a través de las membranas celulares, la regulación de la osmosis, la madurez temprana de los frutos y la calidad tanto interna como externa de los mismos Purquiero *et al.* (2016). La mayor demanda de potasio se da desde los 120 hasta 150 DDT. También se observó una tendencia a la disminución de la absorción de potasio en las partes aéreas de las plantas al final del período de crecimiento, esto es similar a lo reportado por Betancourt y Pierre, (2013). La secuencia final de extracción fue Frutos>Hojas>Tallo>Flores>Raíz.

Para el calcio se tuvo que fue el tercer elemento que más se absorbió (T1:142,72 kg.ha<sup>-1</sup>, T2:100,62 kg.ha<sup>-1</sup>), se encontró mayor cantidad de calcio en la parte aérea del tomate (hojas y tallo), debido a que este elemento se acumula en los tejidos dada su baja movilidad en la planta, Betancourt y Pierre (2013). La secuencia final de extracción fue Hojas>Tallo>Fruto>Flores>Raíz. Este hallazgo sugiere que, dado que los elementos permanecen en los tallos y hojas de las plantas de tomate, es posible recuperar parcialmente este nutriente mediante la reincorporación de la parte aérea de las plantas al suelo al momento de prepararlo para futuros ciclos de siembra, Quesada y Bertsch (2013).

### **Rendimiento**

Las plantas de tomate formaron como promedio siete racimos (Tabla 20), número no es bajo pero que en condiciones climáticas más adecuadas pudo haber sido mayor, las condiciones desfavorables en el invernadero, con bajas temperaturas de temperaturas promedio de 15,30°C y humedad relativa del 59% tuvieron efectos directos para una baja producción según Waheed *et al.* (2020) para tener un desarrollo óptimo del cultivo se necesita un óptimo térmico de 23 a 25°C, con temperaturas inferiores los procesos de toma de nutrientes y crecimiento disminuyen y se reduce el cuajado de frutos. El rendimiento promedio del cultivar con el T1 (NUTRIQ EQ) fue de 4,68 kg.planta<sup>-1</sup> y 28,67kg.m<sup>-2</sup> (6,4 plantas.m<sup>-2</sup>) y para el T2 fue de 4,08 kg.planta<sup>-1</sup> y 26,11kg.m<sup>-2</sup>. Guanoluisa

(2014), bajo un sistema hidropónico N.F.T. con 10 racimos cosechados obtuvo un rendimiento similar, de 21,24 kg.m<sup>-2</sup> (1,63 plantas.m<sup>-2</sup>). Por su parte, Pérez *et al.* (2016), con 8 racimos cosechas del mismo cultivar, consiguieron un rendimiento menor, de 16,30 kg.m<sup>-2</sup> (3,61 plantas.m<sup>-2</sup>) bajo un sistema acolchado.

En relación a la calidad de la fruta, alcanzaron un valor de grados brix entre 5-6, siendo los frutos de los primeros racimos con mejor sabor. Asimismo, para los tratamientos T1 y T2 se logró 47,06% y 45,16% respectivamente se obtuvo de frutos de categoría mediano (56mm<Ø <70mm) con un peso de 130,09 g para el T1 y 128,37 g para el T2. Los valores de grados brix alcanzados son similares a otros cultivares de tomate riñón, que están entre 4,2-5,7; Fanasca *et al.* (2007).

### **Relación Beneficio/Costo**

El análisis económico de los tratamientos arrojó que los mayores costos totales se obtuvieron en el tratamiento T2 con fertilización convencional (CONV) con 664,19 USD seguido del tratamiento T1 con fertilización compleja (NUTRIQ EQ) con 630,24 USD. La mayor producción de tomate se obtuvo en el tratamiento T1 con 680 kg lo que generó un ingreso 884,52 USD. Teniendo una relación beneficio/costo de 0,40. Este valor es inferior al reportado por Sangacha, (2013) quien reporta 0,85 y Falcón, (2014) con 0,98.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- La extracción nutrimental en el T1 de fertilización compleja: K>N>Ca>P con una acumulación total de 301,26 kg. ha<sup>-1</sup>, 229,74 kg. ha<sup>-1</sup>, 142,72 kg. ha<sup>-1</sup>, 114,44 kg. ha<sup>-1</sup> respectivamente; y en el T2 de fertilizantes convencionales la acumulación es: K>N>Ca>P con una acumulación de 229,17 kg. ha<sup>-1</sup>, 158,83 kg. ha<sup>-1</sup>, 100,62 kg. ha<sup>-1</sup>, 80,18 kg. ha<sup>-1</sup>.
- El órgano que presenta mayor acumulación de los nutrientes es la hoja seguido del fruto. T1 hoja (N: 37%, P:44%, K:31%, Ca:63%), T1 fruto (N:32%, P:19%, K:47%, Ca: 6%); T2 hoja (N:36%, P:41%, K:27%, Ca: 61%), T2 fruto (N: 32%, P:24%, K:50%, Ca:6,17%).
- La relación entre la curva de crecimiento y de absorción, nos indica las épocas de mejor aplicación de los fertilizantes, siendo a los 120 días en N, P, K, Ca.
- La aplicación de fertilización compleja (T1) dio como resultado una mejor acumulación de ° Brix (6,9°), peso del fruto (130,09 g), kilogramos por planta (4,68 kg. ha<sup>-1</sup>), y además se evidencia una mejor absorción del potasio en fruto (T1: 83,15 kg. ha<sup>-1</sup>, T2: 65,71 kg. ha<sup>-1</sup>).
- La mejor relación beneficio/costo se registró el tratamiento T1 fertilización compleja (NUTRIQ EQ) con 0,40.

#### Recomendaciones

- Usar el tratamiento conformado por fertilización compleja (NUTRIQ EQ) en el híbrido Etereí, ya que presentó mejores características agronómicas y de absorción.
- Ajustar las soluciones nutritivas a los 90 y 120 días que son las épocas de mayor absorción de nutrientes.
- Realizar la toma de muestras de las plantas con intervalos de tiempo más cortos.
- Evaluar el efecto de un programa de fertilización basado en las curvas de absorción sobre el rendimiento del cultivo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J. (2016). *Evaluación del comportamiento agronómico de nuevos híbridos de tomate hortícola "Lycopersicum esculentum" bajo cubierta plástica*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/19038>
- Asher, C. J., & Edwards, D. G. (1983). Modern Solution Culture Techniques. In *Inorganic Plant Nutrition* (pp. 94–119). Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-68885-0\_4
- Astrid, V. (2015). *Descripción de la dinámica de absorción nutrimental en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum l. híbrido silverado), bajo condiciones de invernadero en el centro experimental docente de la facultad de agronomía (CEDA), Guatemala, C.A.* Obtenido de [Tesis Pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2849/1/TESIS%20TOMATE%20ASTRID.pdf>
- Azofeifa, Á., & Moreira, M. (2005). Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum cv. UCR 589*) en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 29(1), 2–9. Obtenido de [www.cia.ucr.ac.cr](http://www.cia.ucr.ac.cr)
- Bertsch, F. (2003). *Absorción de nutrimentos por los cultivos* (1st ed.). Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Bertsch, F. (2009). *Absorción de nutrimentos por los cultivos* (Universidad de Costa Rica & Centro de Investigaciones Agronómicas, Eds.; 1st ed., Vol. 1).
- Betancourt, P., & Pierre, F. (2013). Extracción de macronutrientes por el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum mill. var. alba*) en casas de cultivo en Quíbor, estado Lara. *Bioagro*, 25(2), 181–188.
- Bodale, I., Mihalache, G., Achiței, V., Teliban, G. C., Cazacu, A., & Stoleru, V. (2021). Evaluation of the nutrient's uptake by tomato plants in different phenological stages using an electrical conductivity technique. *Agriculture (Switzerland)*, 11(4). DOI:10.3390/agriculture11040292

- Cadahia, C. (2005). *Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales* (Mundiprensa).
- Campos, A., Bezerra, M., Paiva, P., Guarino, C., Gesualdi, P., & Barros, F. (2010). Dry matter production and nutrient accumulation after successive crops of lettuce, tomato, rice, and *Andropogon-grass* in a substrate with zeolite. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 34(2), 435–442.
- Castellano, J. (2009). *Manual de Producción de Tomate en Invernadero* (INTAGRI, Ed.; 1st ed.). INTAGRI. Obtenido de <https://isbn.cloud/9786079530204/manual-de-produccion-de-tomate-en-invernadero/>
- Castellanos, J. (2009). *Manual de producción de tomate en invernadero* (Vol. 1). INTAGRI.
- Castro, J., & Villarreal, J. (2020). Absorción de nutrientes en tomate industrial IDIAP –T7 en suelos de la región de Azuero. *Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá*, 30(1), 27–44.
- Cornillon, P. (1988). Influence of root temperature on tomato growth and nitrogen nutrition. *Acta Horticulture*, 229, 211–218. DOI: 10.17660/ActaHortic.1988.229.20
- Cruz, E., Can, Á., Loera, L., Aguilar, G., Pineda, J., & Bugarín, R. (2017). Extraction of N-P-K in *Coriandrum sativum* ‘Pakistan’ in hydroponics. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8, 355–367. DOI:10.29312/remexca. v8i2.56.
- Duarte, C., Gil, M. A., Robaina, F., Bonet, C., & Castellanos, L. (2010). Dosage of fertilizer for the fertirrigation of the protected tomato in Ciego de Ávila. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3), 12–15.
- Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., & Martín, A. (2009). *Manual del cultivo del tomate riñón (Lycopersicum Sculentum Mill)*. Obtenido de [www.agronomia.uchile.cl](http://www.agronomia.uchile.cl)
- Escobar, H., & Lee, R. (2007). Manual de Producción de Tomate. In H. Escobar & R. Lee (Eds.), *Manual de producción de tomate bajo invernadero* (CIAA, Vol. 2, pp. 35–37).



- ESPAC-INEC. (2021). *Boletín Situacional Cultivo de tomate riñón. Ministerio de Agricultura y Ganadería Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria*. Obtenido de [www.agricultura.gob.ec](http://www.agricultura.gob.ec)
- FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. Obtenido de <http://www.fertilizer.org>,
- FAO. (2004). *Manual de captación y aprovechamiento de agua*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ai128s/ai128s00.pdf>
- FAO. (2021). *FAOSTAT: Cultivo de tomate riñón*. Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- FAO, & CORPOICA. (2007). *Manual técnico buenas prácticas agrícolas-BPA-en la producción de tomate bajo condiciones protegidas* (p. 57).
- Favela, E., Preciado, P., & Benavides, A. (2006). *Manual para la preparación de Soluciones Nutritivas* (Vol. 1). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Fayad, J., Rezende, P., Cardoso, A., Finger, F., & Ferreira, F. (2002). Nutrient absorption by tomato plants grown under field and protected conditions. *Scielo*, *20*(1), 91–94. DOI:10.1590/S0102-05362002000100017
- Feicán, C., Encalada, C., & Becerril, A. (2018). Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*). *Agro Productividad*, *9*(8), 78–86. Obtenido de <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/806>
- Flores, L., Lobato, R., García, J. J., Molina, J., Sargerman, D., & Velasco, M. (2017). Parientes silvestres del tomate como fuente de germoplasma para el mejoramiento genético de la especie. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *40*(1), 83–91. DOI: 10.35196/rfm.2017.1.83-91
- Gandica, H., & Peña, H. (2015). Acumulación de materia seca y balance de nutrientes en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en ambiente protegido. *Bioagro*, *27*(2).

- INEN 1 745. (1990). *Hortalizas Frescas Tomate Riñón NMX- 7 F-031- 1997- SCF Productos Alimenticios no industrializados para consumo humano- Hortalizas frescas- Tomate- (Lycopersium esculentum)- Especificaciones (Norma Mexicana)*. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1745.pdf>
- INTA, & FAO. (2010). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la cadena de tomate* (C. Argerich & L. Troilo, Eds.; FAO, p. 17).
- Jaramillo, J., Rodríguez, V., Gil, L., García, M., Hío Juan, & Garzón Daniel. (2013). *Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas* (CORPOICA & Nieto Javier, Eds.; CORPOICA). Produmedios.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzmán, M., & Zapata, M. (2007). *Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas*. (CTP). FAO.
- Kafkafi, U., & Tarchitzky, J. (2012). *Fertirrigación: una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua*. Asociación internacional de la industria de fertilizantes IFA.
- López, L. (2017). *Manual técnico del cultivo de tomate (Solanum lycopersicum)*. Obtenido de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>
- Luna, J., Can, Á., Cruz, E., Bugarín, R., & Goreti, M. (2018). Thinning intensity and nutrient solutions on the quality of cherry tomato. *Artículo Científico Revista Fitotecnica mexicana*, 41(1), 59–66. DOI:10.35196/rfm.2018.1.59-66
- Moraes, C., Factor, T., de Araújo, H., & Purquerio, L. (2018). Plant growth and nutrient accumulation in two tomato hybrids under tropical conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 12(9), 1419–1425. DOI: 10.21475/ajcs.18.12.09. PNE1076
- Moreno, M., Valera, D., Molina, F., López, A., Peña, A., Marín, P., & Reyes, A. (2020). Effects of cover whitening concentrations on the microclimate and on the development and yield of tomato

(*Lycopersicon esculentum* Mill.) Inside Mediterranean Greenhouses. *Agronomy*, 10(2).

DOI:10.3390/agronomy10020237

Múnera, B. E. (2015). *Aplicación de TiO2 modificado con polioxometalatos en la degradación de soluciones acuosas de carbofuran bajo radiación solar simulada, y evaluación del potencial de acople con un sistema biológico* [Tesis Pregrado, Universidad del Valle]. Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/8973>

Padilla, W. (2011). Manejo de la química y fertilidad de los suelos. In Agrobiolab (Ed.), *Manejo de la química y fertilidad de los suelos* (4th ed., p. 325).

Papadopoulos, A. (2013). *Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media* (Vol. 1). Available from Communications Branch, Agriculture Canada.

Passam, H., Karapanos, I., Bebeli, P., & Savvas, D. (2007). A review of recent research on tomato nutrition, breeding and post-harvest technology with reference to fruit quality diagnostic expert systems in plant pathology view project tomes: a novel and integrated approach to increase multiple and combined stress tolerance in plants using tomato as a model view project. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1(1). Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/228652895>

Peil, R., & Galvez, J. (2005). Dry matter partitioning as a determinant of greenhouse fruit vegetable crops production. *Current Agricultural Science and Technology*, 11(1), 5–11.

Pérez, J., Hurtado, G., Aparicio, V., Argueta, Q., & Larín, M. (2013). *Guía Técnica Cultivo de Tomate*. Obtenido de [https://issuu.com/000tango/docs/guia\\_tomate](https://issuu.com/000tango/docs/guia_tomate)

Prado, R. (2021). *Mineral nutrition of tropical plants*. Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-030-71262-4

- Purquerio, L. F. V., dos Santos, F. F. B., & Factor, T. L. (2016). Nutrient uptake by tomatoes 'Dominador' and 'Serato' grown in São Paulo State, Brazil. *Acta Horticulture*, 1123, 35–40.  
DOI:10.17660/ActaHortic.2016.1123.5
- Putti, F., Vacaro de Souza, A., Zanetti, W. A. L., Bueno, B., Domingues, F., Barcelos, J., & Sartori, D. (2022). Growth and absorption curve of nutrients in tomato crop 'BRS immigrant' cultivar grown in coconut fiber. *Journal of Plant Nutrition*, 45(15), 2239–2250. DOI: 10.1080/01904167.2022.2063734
- Quesada, G., & Bertsch, F. (2013). Obtaining of the Absorption Curve for the FB-17 Tomato Hybrid. *Terra Latinoamericana*, 31(1), 1–7.
- Ramos, M., & Báez, D. (2013). *Diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión en una parcela demostrativa en el cantón Cevallos*. [Tesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2677>
- Rengel, Z. (2020). *Achieving sustainable crop nutrition* (Z. Rengel, Ed.; 1st ed.). Burleigh Dodds Science Publishing. DOI:10.1201/9780429275845
- Reyes, J., Herrada, M., García Erick, Beltrán Felix, & Ruiz Francisco. (2021). Aplicación de quitosano incrementa la emergencia, crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en condiciones de invernadero. *Biotecnia*, 22(3), 156–163.  
DOI:10.18633/biotecnia.v22i3.1338
- Robredo, P., Echazú, R., & Quiroga, M. (2018). *Análisis comparativo de soluciones nutritivas en cultivos hidropónicos en cultivos en invernadero*. Universidad Nacional de Salta Buenos Aires.
- Román, S. (2001). *Manual básico de fertirriego* (Vol. 1). Soquimich S.A.
- Roselló, Josep., & Porcuna, J. (2012). *Cultivo ecológico del tomate y del pimiento*. Sociedad Española de Agricultura Ecológica.

- Sadzawka, A., Carrasco, M., Demanet, R., Flores, H., Grez, R., Mora, M., & Neaman, A. (2007). *Métodos de Análisis de tejidos vegetales* (Segunda). INIA.
- Salas, R., Valdez Aguilar, L. A., Alvarado Camarillo, D., Rascón Alvarado, E., Peña Ramos, F. M., & González Fuentes, J. A. (2020). Potassium: calcium balance, relationship with vapor pressure deficit and photosynthetically active radiation in greenhouse tomato. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 311–321. DOI: 10.28940/terra.v38i2.589
- Saravia, F. (2004). *Elaboración de curvas de absorción de nutrientes para la variedad de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) Alborán bajo condiciones de invernadero en Zamorano, Honduras* [Tesis, Zamorano]. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/12c83420-d44c-439a-9c81-f98b69fabe49/content>
- Seminis. (2022). *Tomate Eterei*. Obtenido de [https://www.vegetables.bayer.com/co/es-co/productos/tomate/details.html/tomato\\_eterei\\_colombia\\_seminis\\_all\\_open\\_field\\_fresh\\_market\\_all.html](https://www.vegetables.bayer.com/co/es-co/productos/tomate/details.html/tomato_eterei_colombia_seminis_all_open_field_fresh_market_all.html)
- Silva, J. (2015). *Evaluación de cuatro programas de fertilización foliar complementaria en la producción de tomate riñón (Solanum lycopersicum) L. var. Sheila bajo invernadero*. [Tesis, Universidad Central del Ecuador]. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7781/1/T-UCE-0004-57.pdf>
- Terán, C., Valenzuela, M., Villaneda, E., León, G., & Hío, J. (2007). *Manejo del riego y la fertirrigación en tomate bajo cubierta en la sabana de Bogotá* (1st ed., Vol. 1). CORPOICA.
- Vallejo, F., & Salazar, E. (2004). *Producción de hortalizas de clima cálido* (Universidad Nacional de Colombia, Ed.; 1st ed., Vol. 1). Imágenes Gráficas S.A. Cali.
- Waheed, K., Nawaz, H., Hanif, M. A., & Rehman, R. (2020). Tomato. In *Medicinal Plants of South Asia* (pp. 631–644). Elsevier. DOI:10.1016/B978-0-08-102659-5.00046-X

Zambrano, T. A., Castro Cedeño, D. P., Vera Vera, R., Zambrano Zambrano, D. A., & Andrade Almeida, J. (2021). Análisis financiero en la producción de tomate orgánico (*Solanum Lycopersicum*) en el cantón pedernales. Manabí - Ecuador. *TAYACAJA*, 4(1), 135–144.

DOI:10.46908/tayacaja.v4i1.159

Zeidan, O. (2005). *Tomato production under protected condition*. Ministry of Agriculture and Rural Development. The center for International Agriculture Development Cooperation, pp. 43-44.