



**Curvas de extracción nutrimental de N, P, K, Ca, Mg, mediante tecnología micro carbono (TMC) y fertilización convencional, en el cultivo semi hidropónico de frutilla (*Fragaria x ananassa*)**

Guacapiña Naranjo, Pamela Katherine

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación previo a la obtención de ingeniera agropecuaria

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Anibal, Mgs

17 de julio del 2020



## Urkund Analysis Result

Analysed Document: T-IASA GUACAPIÑA P..docx (D77313134)  
Submitted: 7/30/2020 6:35:00 AM  
Submitted By: palandazuri@espe.edu.ec  
Significance: 7 %

### Sources included in the report:

Tesis 4ta corrección Miercoles 24 de Julio 8am.docx (D54629180)  
PERFIL TESIS FRESA\_23\_07\_2019\_12 CT\_UCE\_Pablo Viteri.docx (D54681852)  
Tesis-Vale-Carlita 1.docx (D14062579)  
HUACON COELLO-TESIS7.docx (D61213848)  
<https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/17%20Manual%20Frutilla.pdf>  
<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/411/1/Roman%20Antonio%20Hernandez%20Hipolito.pdf>  
<https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2011121408126466.pdf>  
[https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/15619/1/RESPUESTA\\_DEL\\_CHILE\\_HUACLE\\_A\\_CUATRO\\_SOLUCIONES\\_NUTRITIVAS\\_EN\\_CULTIVO\\_SIN\\_SUELO\\_Y\\_BAJO\\_INVERNADERO1.pdf](https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/15619/1/RESPUESTA_DEL_CHILE_HUACLE_A_CUATRO_SOLUCIONES_NUTRITIVAS_EN_CULTIVO_SIN_SUELO_Y_BAJO_INVERNADERO1.pdf)  
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10127/T-1483.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

### Instances where selected sources appear:

19

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "P. Palandazuri".



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 DE N, P, K, Ca, Mg, MEDIANTE TECNOLOGÍA MICRO CARBONO (TMC) Y FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL, EN EL CULTIVO SEMI HIDROPÓNICO DE FRUTILLA (Fragaria x ananassa)"* fue realizado por la señorita **Guacapiña Naranjo, Pamela Katherine** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 17 de julio del 2020

Firma:



Ing. Landázuri Abarca Pablo Aníbal  
C. C.1708262348



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

## RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Guacapiña Naranjo, Pamela Katherine**, con cedula de ciudadanía N° 1719042960 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación ***Curvas de extracción nutrimental de N, P, K, Ca, Mg, mediante tecnología micro carbono (TMC) y fertilización convencional, en el cultivo semi hidropónico de frutilla (Fragaria x ananassa)*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 17 de julio del 2020

Firma:

Guacapiña Naranjo Pamela Katherine

C.C.: 1719042960



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Guacapiña Naranjo, Pamela Katherine**, con cédula de ciudadanía n° 1719042960 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación ***Curvas de extracción nutrimental de N, P, K, Ca, Mg, mediante tecnología micro carbono (TMC) y fertilización convencional, en el cultivo semi hidropónico de frutilla (Fragaria x ananassa)*** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 17 de julio del 2020

Firma:



Guacapiña Naranjo Pamela Katherine

C.C.: 1719042960

### **Dedicatoria**

*A mis padres, Luis y Perpetua quienes son mi modelo a seguir, que con su amor, apoyo incondicional y consejos me guían siempre y me han permitido llegar a cumplir una meta más en mi vida.*

*A mi hermana Gabriela, que me brinda las mejores sonrisas en todo momento, el cariño sincero y sobre todo por ser mi más grande apoyo.*

*A mis tíos Imelda y Arturo que desde pequeña han estado conmigo, cuidándome, y me han enseñado que en la vida todo es posible.*

## **Agradecimientos**

A Dios por permitirme la vida.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas, especialmente a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, por brindarme los conocimientos que me han permitido convertirme en una profesional.

A la empresa BioHumanetics, especialmente al Ing. Andrés Almeida y Boris Zurita quienes me brindaron su apoyo en la realización de este proyecto.

Al Ing. Pablo Landázuri, mi tutor en toda esta etapa, mis más sinceros agradecimientos, pues con sus conocimientos y su guía, fue posible la realización de esta investigación.

Finalmente quiero agradecer a José V. por su apoyo y paciencia, a mis amigos por todos los buenos y malos momentos.

## Índice de contenidos

<b>Carátula</b> .....	<b>1</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>3</b>
<b>Responsabilidad De Autoría</b> .....	<b>4</b>
<b>Autorización</b> .....	<b>5</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>6</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>7</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>8</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>14</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>15</b>
<b>Capítulo 1</b> .....	<b>16</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>16</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>19</b>
<i>General</i> .....	19
<i>Específicos</i> .....	19
<b>Hipótesis</b> .....	<b>19</b>
<b>Capítulo II</b> .....	<b>20</b>
<b>Revision de literatura</b> .....	<b>20</b>
<b>Cultivo de Frutilla</b> .....	<b>20</b>
<b>Clasificación Taxonómica</b> .....	<b>20</b>
<b>Características Morfológicas</b> .....	<b>20</b>
<b>Variedades de Frutilla</b> .....	<b>21</b>
<i>Variedad Evaluada (Monterrey)</i> .....	22
<b>Condiciones Agroecológicas para el cultivo de frutilla</b> .....	<b>23</b>
<i>Humedad Relativa</i> .....	23
<i>Temperatura</i> .....	23
<i>Requerimientos Edáficos</i> .....	24
<i>Requerimiento Hídrico</i> .....	24
<b>Fertilizantes</b> .....	<b>24</b>
<i>Fertilizante Soluble Convencional</i> .....	25
Clasificación De Los Fertilizantes.....	25
<i>Fertilizantes Líquidos con Tecnología Micro Carbono (TMC)</i> .....	26
Leonardita .....	26
<b>Requerimiento Nutricional Del Cultivo De Frutilla</b> .....	<b>27</b>



<b>Hidroponía.....</b>	<b>28</b>
<i>Cultivo En Agua O Solución Nutritiva .....</i>	28
<i>Cultivo En Sustrato .....</i>	29
<i>Sistema Semi Hidropónico.....</i>	29
Sistema Semi Hidropónico En Camas Elevadas .....	29
<b>Curvas De Extracción .....</b>	<b>30</b>
<b>Curva De Crecimiento.....</b>	<b>31</b>
<b>Capítulo III .....</b>	<b>32</b>
<b>Materiales Y Métodos .....</b>	<b>32</b>
<b>Ubicación Del Lugar De Investigación .....</b>	<b>32</b>
<i>Ubicación Política .....</i>	32
<i>Ubicación Geográfica .....</i>	32
<i>Ubicación Ecológica .....</i>	33
<i>Condiciones Del Invernadero .....</i>	33
<b>Materiales.....</b>	<b>33</b>
<i>Materiales De Campo.....</i>	33
<i>Materiales De Laboratorio .....</i>	34
<b>Métodos .....</b>	<b>34</b>
<i>Preparación De Sustrato .....</i>	34
<i>Propiedades Físicas De Los Sustratos .....</i>	34
Densidad Aparente (DA).....	34
Porosidad Total .....	35
Capacidad De Retención De Humedad(CRH).....	35
Granulometría Del Sustrato .....	35
<i>Propiedades Químicas De Los Sustratos .....</i>	36
Potencial Hidrógeno (pH) y Conductividad Eléctrica (CE) .....	36
<i>Material Vegetal .....</i>	37
<i>Desinfección De Plántulas .....</i>	37
<i>Instalación Del Sistema Semi Hidropónico .....</i>	37
<i>Riego .....</i>	38
<i>Solución Nutritiva.....</i>	38
<i>Concentración De Elementos.....</i>	39
<i>Podas .....</i>	40
<b>Diseño Experimental .....</b>	<b>40</b>
<i>Factores.....</i>	41
<b>Croquis Del Ensayo .....</b>	<b>41</b>
<i>Unidades Experimentales.....</i>	42
<i>Tipo De Diseño .....</i>	42
<i>Análisis Estadístico .....</i>	42
<b>VARIABLES DE RESPUESTA .....</b>	<b>43</b>
<i>Tamaño De Raíz .....</i>	43

	10
<i>Peso Fresco De Hojas</i> .....	43
<i>Número De Hojas</i> .....	43
<i>Número De Flores</i> .....	43
<i>Peso Y Tamaño Del Fruto</i> .....	43
<i>Solidos Solubles (°Brix) Del Fruto</i> .....	43
<i>Determinación De La Curva De Crecimiento</i> .....	44
<i>Determinación De Nitrógeno Por El Método Kjeldahl</i> .....	44
<i>Determinación De Iones Por Absorción Atómica</i> .....	45
<i>Extracción Total</i> .....	46
<i>Frecuencias De Absorción</i> .....	46
<i>Relación Del Crecimiento Y Absorción</i> .....	47
<b>Capítulo IV</b> .....	<b>48</b>
<b>Resultados Y Discusión</b> .....	<b>48</b>
<b>Resultados</b> .....	<b>48</b>
<i>Curvas De Crecimiento</i> .....	48
<i>Curvas de absorción de nutrientes</i> .....	51
Nitrógeno .....	51
Fósforo.....	54
Potasio .....	57
Calcio .....	60
Magnesio.....	63
<i>Extracción Total</i> .....	66
Fertilización Líquida (TMC) .....	66
Fertilización Convencional (CONV) .....	68
<i>Relación Del Crecimiento Y Absorción De N, P K, Ca, Mg</i> .....	71
Nitrógeno .....	71
Fósforo .....	72
Potasio .....	73
Calcio.....	74
Magnesio.....	75
<i>Largo De Raíz</i> .....	76
<i>Peso Fresco De Hojas</i> .....	77
<i>Número De Hojas Y Flores</i> .....	78
<i>Grados Brix (°Br) Tamaño Del Fruto</i> .....	80
<b>Discusión</b> .....	<b>81</b>
<b>Capítulo V</b> .....	<b>85</b>
<b>Conclusiones Y Recomendaciones</b> .....	<b>85</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>85</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>85</b>
<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>87</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Principales variedades según el requerimiento de horas luz .....	22
<b>Tabla 2</b> Solubilidad (g.l -1) de acuerdo a la temperatura, pH de fertilizantes solubles.....	25
<b>Tabla 3</b> Rango de niveles nutricionales porcentuales, adecuados en hoja de frutilla.....	28
<b>Tabla 4</b> Características físicas del sustrato para cultivo de frutilla semi hidropónica (pomina+ cascarilla de arroz).....	36
<b>Tabla 5</b> Propiedades químicas (pH y CE) del sustrato pomina+ cascarilla de arroz .....	36
<b>Tabla 6</b> Contenido de los macro y micro elementos para el cultivo de frutilla . .....	38
<b>Tabla 7</b> Concentraciones por m <sup>3</sup> de los fertilizantes convencionales.....	39
<b>Tabla 8</b> Concentraciones por m <sup>3</sup> de los fertilizantes micro carbono.....	40
<b>Tabla 9</b> Conformación de los tratamientos .....	41
<b>Tabla 10</b> Promedio ± error estándar de la absorción del nitrógeno evaluado a los 20, 60, 90, 120 DDT en cada parte de la planta.....	52
<b>Tabla 11</b> Promedio ± error estándar de la absorción del fósforo evaluado a los 20, 60, 90, 120 DDT, en cada parte de la planta.....	55
<b>Tabla 12</b> Promedio ± error estándar de la absorción del potasio evaluado a los 20, 60, 90, 120 DDT, en cada parte de la planta.....	58
<b>Tabla 13</b> Promedio ± error estándar de la absorción del calcio evaluado a los 20, 60, 90, 120 DDT, en cada parte de la planta.....	61
<b>Tabla 14</b> Promedio ± error estándar de la absorción del magnesio evaluado a los 20, 60, 90, 120 DDT, en cada parte de la planta.....	64
<b>Tabla 15</b> Absorción total de nutrientes ( N, P, K, Ca, Mg) en kg.ha <sup>-1</sup> por órgano de la planta durante 120 DDT, con el T1 (TMC) .....	66
<b>Tabla 16</b> Acumulación relativa de N, P K, Ca, Mg en frutilla var. Monterrey con fertilizantes micro carbono (TMC) durante 120 DDT .....	67
<b>Tabla 17</b> Absorción total de nutrientes ( N, P, K, Ca, Mg) en kg.ha <sup>-1</sup> por órgano de la planta durante 120 DDT, con el T2 (CONV).....	69
<b>Tabla 18</b> Acumulación relativa de N, P K, Ca, Mg en frutilla var. Monterrey con fertilizantes convencionales (CONV) durante 120 DDT.....	70

<b>Tabla 19</b> Promedio $\pm$ error estándar largo de la raíz (cm) en el período de cultivo de frutilla var. Monterrey.....	77
<b>Tabla 20</b> Promedio $\pm$ error estándar del peso fresco de hojas (gr) durante el período de cultivo de frutilla var. Monterrey.....	78
<b>Tabla 21</b> Promedio $\pm$ error estándar del número hojas y flores durante el período de cultivo de frutilla var. Monterrey.....	79
<b>Tabla 22</b> Promedio $\pm$ error estándar del peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, °Brix, durante el período de cultivo de frutilla var. Monterrey.....	80

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Plantación frutilla var. Monterrey .....	23
<b>Figura 2</b> Cultivo semi hidropónico de frutilla en camas elevadas .....	30
<b>Figura 3</b> Ubicación del proyecto de investigación .....	32
<b>Figura 4</b> Vista frontal de las camas de cultivo semi hidropónico .....	38
<b>Figura 5</b> Croquis del ensayo en campo .....	42
<b>Figura 6</b> Curva de crecimiento comparativa total entre los tratamientos T1 y T2.....	48
<b>Figura 7</b> Curvas de crecimiento en peso seco de plantas de frutilla var. Monterrey ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), tallo (b), hoja(c), estolón (d), flor (e), fruto(f) .....	50
<b>Figura 8</b> Curvas de absorción de nitrógeno ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), de plantas de frutilla var. Monterrey en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), tallo (b), hoja(c), estolón (d), flor (e), fruto (f) .....	53
<b>Figura 9</b> Curvas de absorción de fósforo ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), de plantas de frutilla var. Monterrey en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), tallo (b), hoja (c), estolón (d), flor (e), fruto (f).....	56
<b>Figura 10</b> Curvas de absorción de potasio ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), de plantas de frutilla var. Monterrey en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), tallo (b), hoja (c), estolón(d), flor (e), fruto (f) .....	59

<b>Figura 11</b> <i>Curvas de absorción de calcio (<math>\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}</math>), de plantas de frutilla var. Monterrey en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), tallo (b), hoja (c), estolón (d), flor (e), fruto (f).....</i>	62
<b>Figura 12</b> <i>Curvas de absorción de magnesio (<math>\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}</math>), de plantas de frutilla var. Monterrey en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), tallo (b), hoja (c), estolón (d), flor (e), fruto (f) .....</i>	65
<b>Figura 13</b> <i>Acumulación porcentual de nutrientes en cada parte de la planta de frutilla var. Monterrey con fertilización micro carbono .....</i>	68
<b>Figura 14</b> <i>Acumulación porcentual de nutrientes por cada parte de la planta de frutilla var. Monterrey con fertilización convencional (T2). .....</i>	71
<b>Figura 15</b> <i>Curva de relación entre el crecimiento de la planta y la extracción total de nitrógeno en frutilla var. Monterrey desarrollado bajo dos fertilizantes. T1: Tecnología micro carbono (TMC), T2: Convencionales (CONV) .....</i>	72
<b>Figura 16</b> <i>Curva de relación entre el crecimiento de plantas de en frutilla var. Monterrey y la extracción total de fósforo, desarrollado bajo dos fertilizantes. T1: Tecnología micro carbono (TMC), T2: Convencionales (CONV) .....</i>	73
<b>Figura 17</b> <i>Curva de relación entre el crecimiento de plantas de frutilla var. Monterrey y la extracción total de potasio, desarrollado bajo dos fertilizantes. T1: Tecnología micro carbono (TMC), T2: Convencionales (CONV) .....</i>	74
<b>Figura 18</b> <i>Curva de relación entre el crecimiento de plantas de frutilla var. Monterrey y la extracción total de calcio, desarrollado bajo dos fertilizantes. T1: Tecnología micro carbono (TMC), T2: Convencionales (CONV) .....</i>	75
<b>Figura 19</b> <i>Curva de relación entre el crecimiento de plantas de frutilla var. Monterrey y la extracción total de magnesio, desarrollado bajo dos fertilizantes. T1: Tecnología micro carbono (TMC), T2: Convencionales (CONV) .....</i>	76
<b>Figura 20</b> <i>Largo de raíz a los 120 días de los diferentes tratamientos (T1:izquierda, T2: derecha).....</i>	77
<b>Figura 21</b> <i>Plantas de frutilla Var Monterrey de los diferentes tratamientos .....</i>	79
<b>Figura 22</b> <i>Toma de medidas del diámetro polar.....</i>	80
<b>Figura 23</b> <i>Medición de grados brix de frutos de frutilla por tratamiento .....</i>	81

## Resumen

En la presente investigación, se determina las curvas de absorción de N, P, K, Ca, Mg por órgano de la planta (raíz, tallo, hoja, estolón, flor, fruto) y su relación de absorción con el crecimiento; bajo el efecto de dos tipos de fertilizantes: tecnología micro carbono (TMC) y convencionales, en el cultivo semi hidropónico de frutilla *Fragaria x ananassa* var Monterrey. El experimento se realizó en el invernadero de Horticultura de la Hacienda El Prado IASA I, ubicada en el cantón Rumiñahui, parroquia Selva Alegre, mediante un diseño completamente al azar (DCA), con tres repeticiones por fertilizante; se recolectaron 8 plantas por repetición cada 30 días, durante 120 días y se evaluó la absorción de nutrientes, largo de raíz, número de hojas, flores, tamaño y grados brix del fruto. Se usó una prueba de comparación Duncan para la validación estadística. Las curvas de extracción demostraron al nitrógeno como el mayor elemento absorbido (T1: 228.40 kg.ha<sup>-1</sup>, T2: 198.88 kg.ha<sup>-1</sup>), seguido del potasio (T1: 154.50 kg.ha<sup>-1</sup>, T2: 118.81 kg.ha<sup>-1</sup>) y calcio (T1: 88.44 kg.ha<sup>-1</sup>, T2: 77.23 kg.ha<sup>-1</sup>) siendo la hoja y la raíz los órganos que presentan mayor acumulación de cada elemento. La relación del crecimiento con la absorción de nutrientes, muestran una mayor absorción conforme el cultivo se va desarrollando. El T1 (TMC) muestra diferencias significativas en grados Brix (7.88), peso del fruto (25.56 g), diámetro polar (4.34 cm) y ecuatorial (3.63 cm), en relación al T2 donde los grados Brix fueron de (4.76), peso del fruto (20.56 g), diámetro polar (3.81 cm) y ecuatorial (3.05 cm).

### **PALABRAS CLAVES:**

*Fresa variedad monterrey, cultivo semi hidropónico, curva de extracción, curva de crecimiento, fertilizantes*

### **Abstract**

In the present investigation, the absorption curves of N, P, K, Ca, Mg are determined per plant organ (root, stem, leaf, stolon, flower, fruit) and their growth absorption; under the effect of two types of fertilizers: micro carbon technology (TMC) and conventional, in the semi hydroponic cultivation of strawberry *Fragaria x ananassa* var Monterrey. The experiment was carried out in the Horticulture greenhouse of the Hacienda El Prado IASA I, located in the canton Rumiñahui, parish Selva Alegre, by a completely random design (DCA), with three repetitions per fertilizer; 8 plants were collected per repetition every 30 days, during 120 days and the absorption of nutrients, root length, number of leaves, flowers, size and degrees brix of the fruit was evaluated. A Duncan comparison test was used for statistical validation. The extraction curves showed nitrogen as the largest element absorbed (T1: 228.40 kg.ha<sup>-1</sup>, T2: 198.88 kg.ha<sup>-1</sup>), followed by potassium (T1: 154.50 kg.ha<sup>-1</sup> , T2: 118.81 kg.ha<sup>-1</sup>) and calcium (T1: 88.44 kg.ha<sup>-1</sup>, T2: 77.23 kg.ha<sup>-1</sup>) where the leaf and the root are the organs with the greatest accumulation of each element. The relationship of growth with the absorption of nutrients, show a greater absorption as the crop develops. T1 (TMC) shows significant differences in degrees Brix (7.88), fruit weight (25.56 g), polar diameter (4.34 cm) and equatorial diameter (3.63 cm), in relation to T2 where the degrees Brix were (4.76), fruit weight (20.56 g), polar diameter (3.81 cm) and equatorial diameter (3.05 cm)

### **KEY WORDS:**

*Strawberry variety monterrey, semi hydroponic crop, extraction curve, growth curve, fertilizers*

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

La frutilla se ha convertido en un cultivo muy importante a nivel mundial donde la producción total, llega a los 2,5 millones de toneladas. Esto se debe al desarrollo en la industrialización de este producto debido a sus atractivas características organolépticas, lo cual hace de este fruto, uno de los alimentos más apetecidos tanto por su facilidad de consumo directo, además de los productos derivados que se puede obtener como conservas, mermeladas, jugos entre otras (Quishpe, 2013, p. 15)

La nutrición de un cultivo incide directamente en los costos de producción; por lo que es importante evaluar la demanda total de nutrimentos de las plantas y su dinámica de absorción, para determinar los planes de fertilización (García et al., 2014, pp. 519–524). Una de las técnicas que más se utiliza para éste propósito, es la estimación y ajuste mediante curvas de absorción, que permiten de forma práctica y sencilla, la distribución, eficiencia y eficacia en las aplicaciones de fertilizantes.

Se han desarrollado curvas de extracción para diferentes cultivos como en café (Ramírez et al., 2002, pp. 33–42), romero aromático (Castillo, 2013, p. 25), cilantro (Crespo et al., 2017, pp. 355–367) arroz (Barahona, 2017, p. 32), tomate riñón (Vargas, 2012, p. 42), plátano (Avellán et al., 2015, pp. 17–29), entre otros cultivos.

En Latinoamérica, se han realizado algunos estudios sobre curvas de extracción nutrimental en diferentes variedades de frutilla, como Chandler (Molina et al., 1993, pp. 63–73), Albion, (Sánchez, 2017, pp. 43–80) en Costa Rica y Roxana, (García et al., 2014, pp. 519–524) en



México; en estos trabajos se determinó principalmente la relación entre la curva de crecimiento y de absorción de nutrimentos en fresa.

En el Ecuador el cultivo de la frutilla se encuentra entre los 1300 a 3600 msnm, sin embargo, de acuerdo a las estadísticas de la FAO, el área de cultivo ha presentado variaciones. En el periodo comprendido entre los años 2000 y 2010 la superficie cultivada se incrementó de 77 a 151ha respectivamente y para el año 2017 la superficie cultivada descendió a 105 ha (FAO, 2018).

Se estima, que la provincia en el Ecuador con el 75% de la producción nacional de frutilla, es Pichincha; siendo las parroquias de: Yaruquí, El Quinche, Pifo, Checa y Tababela las principales zonas de producción (Quishpe, 2013, p. 15). Cabe destacar que este cultivo ha estimulado la economía y las fuentes directas e indirectas de empleo.

El cultivo de frutilla en Ecuador, se ha tecnificado principalmente en el uso del agua (riego por goteo), mulch plástico; que favorecen la inocuidad de los frutos y la disminución en la aplicación de herbicidas; sin embargo, el mal manejo de mercado, la restricción de algunos pesticidas, el mal uso de fertilizantes, el incremento de plagas y enfermedades por el abuso del monocultivo, han limitado en la actualidad la producción, causando pérdidas he incluso el abandono del cultivo. Además de esto, el suelo se ha visto enormemente perjudicado, debido a que presenta una deficiencia de nutrientes, por lo que la implementación de un sistema semi hidropónico, está tomando mayor auge, entre los productores de frutilla.

Los sistemas semi hidropónicos, presentan la ventaja de utilizar sustratos, por lo general inertes, que previenen la transmisión de plagas y enfermedades radiculares; adicionalmente con el uso de sistemas de riego por goteo, se puede suplementar el agua y nutrientes requeridos por

el cultivo. Sin embargo, en estos sistemas, la absorción nutrimental va a estar dada principalmente, por el tipo de sustrato que favorecerá o no las propiedades físico- químicas como la porosidad, capacidad de retención de agua, facilidad de salinizarse y otras que limitaran el acceso de las plantas a los nutrientes.

Otros factores que limitan la buena nutrición de las plantas en este sistema, adicionalmente al sustrato, son el tipo de agua y fertilizantes; normalmente la mayoría de fertilizantes, son sales compuestas que pueden provocar rápidamente la salinización del sustrato y por ende pérdidas en la producción. Una alternativa para la fertilización tradicional, es el uso de tecnología micro carbono (TMC), que de acuerdo a la literatura presentan una mayor eficiencia a menor concentración, disminuyendo la posibilidad de salinización de los sustratos (Huma gro, 2015).

Los fertilizantes con tecnología micro carbono (TMC) presentan una estructura orgánica creada de forma natural, partiendo de la Leonardita, la cual es sometida a un proceso de transformación mediante una idónea selección de algas de agua dulce y bacterias digestoras de materia orgánica, de tal manera se consigue reducir el tamaño específico de las cadenas de carbono, adicional, presentan en su contenido, enzimas, sustancias antioxidantes que lo hacen un excelente vehículo para el transporte de nutrientes

Ante esta situación, la presente investigación busca estimar las curvas de crecimiento y extracción del cultivo de frutilla en sistema semi hidropónico con la finalidad de comparar la fertilización con productos convencionales y TMC, para conocer el crecimiento y desarrollo. Estableciendo las épocas adecuadas de fertilización en frutilla, para implementar programas de fertilización adecuados.

## Objetivos

### General

Determinar curvas de extracción nutrimental de N, P, K, Ca, Mg, para los tratamientos mediante fertilizantes con tecnología micro carbono (TMC) y fertilización convencional, en el cultivo semi hidropónico de frutilla (*Fragaria x ananassa*)

### Específicos

- Determinar el contenido de N, P, K, Ca, Mg en hojas, tallos, flores, frutos, estolones, raíz en frutilla, para establecer la extracción de macronutrientes en un sistema semi hidropónico con fertilización tradicional y fertilizantes de micro carbono.
- Establecer la relación entre el crecimiento y absorción de N, P, K, Ca, Mg mediante curvas, para determinar el momento más adecuado de aplicación de fertilizante
- Realizar un boletín técnico, de la extracción de nutrientes con la solución nutritiva empleada para el cultivo de frutilla.

### Hipótesis

**Ho:** La extracción nutrimental en frutilla bajo la fertilización tradicional, no presentará diferencia significativa en la absorción de nutrientes, en comparación con la extracción nutrimental de las frutillas fertilizadas con productos a base de micro carbono.

**Hi:** La extracción nutrimental en frutilla bajo la fertilización tradicional, presentará diferencia significativa en la absorción de nutrientes, en comparación con la extracción nutrimental de las frutillas

## CAPÍTULO II

### REVISION DE LITERATURA

#### Cultivo de Frutilla

La frutilla es una planta estolonífera, su cultivo se centra en la producción de frutos, los cuales presentan características organolépticas muy apreciadas por los consumidores; de igual manera son muy versátiles para la elaboración de productos derivados como pulpa, mermelada, almíbar, postres, entre otros.

Según datos de la (FAO, 2018), los principales países productores de este cultivo son China, con 3.7 millones de toneladas, seguido por Estados Unidos 1.4 millones de toneladas y en tercer lugar México, con 658 mil toneladas. Ecuador, en el año 2005 tuvo una producción de 1.6 mil toneladas y ha aumentado su producción a partir del año 2007 donde obtuvo 1.75 mil toneladas. Este valor se ha ido manteniendo con el tiempo pues en 2017 la producción total fue 1.74 mil toneladas.

#### Clasificación Taxonómica

La frutilla pertenece taxonómicamente pertenece al reino: Plantae, orden: Rosales, familia Rosácea y género *Fragaria*, su nombre científico es *Fragaria x ananassa*. El término *Fragaria*, deriva del latín *fragans* que quiere decir oloroso (ONUFI, 2015, p. 18).

#### Características Morfológicas

Presenta tallo cilíndrico de 2-6 cm de longitud conocido como corona, de donde surgen ramificaciones laterales llamadas estolones que son tallos rastreros que crecen de forma horizontal y que al contacto con el suelo produce raíces. Sus hojas son compuestas, trifoliadas que se disponen sobre la corona, el envés de las hojas está recubierto de pelos. Las

inflorescencias son de color blanquecino y se disponen sobre un pedúnculo de longitud variable que parten de las axilas de las hojas (Angulo, 2009, pp. 6–25; Bañados et al., 2015, pp. 8–18).

El fruto de frutilla está constituido por el receptáculo engrosado, sobre el cual se encuentran insertos los aquenios. Para que los frutos se desarrollen adecuadamente, es necesario que todos los pistilos se encuentren fecundados, de no ser así, el resultado serán frutos deformes (Bañados et al., 2015, p.12).

El sistema radical, tiene una profundidad variable, según las condiciones de textura del suelo, Bañados et al., (2015) menciona el 80% de las raíces deben estar entre los primeros 30 – 35cm de profundidad. Las raíces primarias nacen de la corona, las cuales tienen como función principal dar soporte a la planta, además de absorber agua y nutrientes. Las secundarias son ramificaciones de las primarias (pp.8-18)

### **Variedades de Frutilla**

Se pueden clasificar según los requerimientos de horas luz, lo cual se verá influenciado en la formación de yemas florales, longitud de peciolo, cantidad y calidad de frutos (Morales et al., 2017, pp. 11–23).

- **Variedades de día corto:** Responden a fotoperiodos de menos de 14 horas de luz. generalmente se obtiene una cosecha al año
- **Variedades de día neutro:** No necesitan de horas luz, sino de que la temperatura del suelo sea mayor o igual a 12°C para emitir flores.

**Tabla 1**

*Principales variedades según el requerimiento de horas luz*

<b>Variedad</b>	<b>Tipo</b>
Camарosa	Día corto
Camino real	Día corto
Palomar	Día corto
Sabrosa	Día corto
Sabrina	Día corto
Albión	Día neutro
San Andreas	Día neutro
Monterrey	Día neutro
Portola	Día neutro
Aromas	Día neutro
Cristal	Día neutro
Amandine	Día neutro

Nota. Adaptado de “Manual de manejo agronómico de la frutilla”, por Morales, 2017, Vol(17), p.11-23

### **Variedad Evaluada (Monterrey)**

La variedad monterrey, es una variedad de día neutro que tiene buena floración a lo largo del ciclo, además de una producción estable. Es una variedad que presenta un acelerado crecimiento vegetativo inicial, de tal manera debe ser plantada de preferencia, a una temperatura de 12°C en el suelo, esto con el objetivo de no presentar un exceso de crecimiento vegetativo lo que podría retrasar la entrada de la producción (Llahuen, 2017)

Presenta un fruto de color rojo intenso tanto en el exterior como en la pulpa, es muy apetecido en la agroindustria como producto congelado, también es comercializado al granel por sus características sobresalientes en dulzor (Undurraga y Vargas, 2013, pp. 15–23).

**Figura 1**

*Plantación frutilla var. Monterrey*



Nota. “Plantas de frutilla”, por Llahuen, 2017. <https://www.llahuen.com/monterrey>

**Condiciones Agroecológicas para el cultivo de frutilla****Humedad Relativa**

La humedad relativa adecuada para el desarrollo del cultivo se encuentra entre los 60 y 75%, por lo que valores superiores a estos, aumentan la posibilidad de proliferación de enfermedades causadas por hongos o bacterias. Por el otro lado, humedades relativas bajas, ocasionan daños fisiológicos en las plantas, lo que repercute en la polinización y cuajado del fruto, afectando directamente a la producción (ONUUDI, 2015, p. 121).

**Temperatura**

La frutilla es conocida por su gran adaptabilidad a diversos tipos de clima. En la etapa de fructificación, la temperatura óptima se sitúa alrededor de los 15-20 °C. Este cultivo, es resistente a heladas, logrando así que sus órganos vegetativos toleren temperaturas de -20 °C; no así las flores, pues estas mueren con temperaturas inferiores a 0 °C, y al contrario, temperaturas mayores a 30°C ocasiona frutos malformados (ONUUDI, 2015, pp. 120–121)

### **Requerimientos Edáficos**

El cultivo de la frutilla requiere suelos franco arenosos, en donde las raíces se puedan desarrollar mejor a una profundidad de aproximadamente 0,8 metros, además el suelo debe presentar buen drenaje para evitar encharcamientos y por ende posibles pudriciones en el cultivo. El suelo de cultivo debe tener pendiente 0 preferencialmente, con niveles altos de materia orgánica que oscilen entre 3% a 7%. El rango óptimo de pH oscila entre 5,8 y 6.5, y de conductividad eléctrica inferior a 1 mmhos·cm<sup>-1</sup> (Camacho, 1987, pp. 20–53).

### **Requerimiento Hídrico**

El cultivo de frutilla, requiere un continuo abastecimiento de agua ya que las plantas tienen un sistema radicular muy superficial, el riego debe suministrarse especialmente en verano y en época de producción. Una planta de fresa que se encuentra en fase productiva necesita de 250 mm diarios de agua para mantener una buena calidad y estabilidad en su producción (Angulo, 2009, pp. 6–25; Morales et al., 2017, pp. 11–23).

Es importante mantener una buena calidad de agua en el cultivo de frutilla, ya que son sensibles a salinidad, de tal forma que, a mayor conductividad eléctrica en el agua, la planta exige mayor esfuerzo para absorberla, cabe mencionar que a medida que la conductividad eléctrica aumenta, la producción disminuye (Morales et al., 2017, pp. 11–23)

### **Fertilizantes**

Los fertilizantes son materiales de origen orgánico o mineral que se adiciona 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 obtenido 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) (pp. 29-43)

### Fertilizante Soluble Convencional

Se conoce como fertilizante convencional, a la transformación industrial de la materia prima, que contiene uno o más nutrientes fundamentales para la nutrición de las plantas. Una característica básica de un fertilizante es la capacidad de solubilizarse en agua. Los factores que influyen en la solubilidad de los fertilizantes son la temperatura y el pH. Un ejemplo de cómo influye la temperatura es debido a los fertilizantes tienen una reacción endotérmica, y el agua al no tener la temperatura adecuada, va a perjudicar en la solubilidad de los mismos (Román, 2001, pp. 30–42)

**Tabla 2**

*Solubilidad (g.l -1) de acuerdo a la temperatura, pH de fertilizantes solubles*

Fertilizante	SOLUBILIDAD				pH
	0°C	20°C	40°C	100°C	
Nitrato de amonio	1.555	1.557	2.530		5.5
Nitrato de calcio	1.010	1.294	1.950		6.5
Nitrato de potasio	133	315	619	2452	7
Fosfato mono potásico	143	277	339		4.1
Sulfato de magnesio		355	454		5.6

Nota. La tabla muestra la solubilidad del fertilizante a diferentes temperaturas

(0°C-100°C). Adaptado de: “Manual básico de Fertirriego”, Román, S., 2001,

Soquimich Comercial S.A. pp. 30-42

### Clasificación De Los Fertilizantes

Los fertilizantes solubles son los mejores al momento de realizar fertirriego, es así que se clasifican en sólidos; mismos que son fácilmente solubles en contacto con el agua y los

fertilizantes líquidos, los cuales ya son previamente solubilizados en agua y listos para el uso en fertirriego. Los dos tipos de fertilizantes, se los puede clasificar según el número de nutrientes que aportan en la nutrición. De esta manera se clasifican en simples, que tienen un solo nutriente en su composición, o multinutrientes que como su nombre lo dice contiene dos o más nutrientes (Román, 2001, pp. 30–42)

Los fertilizantes multinutrientes a su vez, se dividen en tres grupos: complejos los cuales son obtenidos mediante procesos derivados de reacciones químicas y contienen en su composición los nutrientes primarios. Fertilizantes compuestos o conocidos también como granulados que en su composición contienen los nutrientes necesarios en distinta proporción. Y los fertilizantes mixtos, dichos fertilizantes son simples, pero mezclados de forma mecánica (FAO, 2002, pp. 23–42; Román, 2001, pp. 30–42).

### **Fertilizantes Líquidos con Tecnología Micro Carbono (TMC)**

Los fertilizantes a base de tecnología Micro Carbono™ (TMC), presentan moléculas de carbono muy pequeñas de entre 1-6 anillos, que presentan bajo peso molecular y tienen mejor eficiencia a diferencia de los ácidos húmicos y fúlvicos que tienen 1000 y 100 de anillos de carbono respectivamente y un mayor peso molecular. Estos fertilizantes con tecnología micro carbono, tienen como fuente principal de carbono a la Leonardita, la cual es un carbón inmaduro, altamente oxidado que presenta un carbono en grandes cantidades. Entre las ventajas de la Tecnología Micro-Carbono™ se encuentra la rápida absorción de nutrientes gracias al contenido de moléculas orgánicas pequeñas que mejoran la asimilación de los mismos, y evita las pérdidas más comunes de fertilizantes causadas por lixiviación, y volatilización (Huma gro, 2015)

### **Leonardita**

La Leonardita es una fase intermedia del carbón que se encuentra entre la turba y el lignito, este material aparece a profundidades mayores diez metros, pues se formaron de masas forestales que sufrieron un proceso de mineralización con el paso de los años, sumado también la presión de las capas superiores de suelo y la temperatura del subsuelo. Este material, contiene grandes cantidades de sustancias húmicas, que se destacan por su buena bioactividad. Entre las características de la Leonardita, es la manera en como mejora los suelos, ya que ayuda con la rehabilitación de los mismos proporcionándole una estructura esponjosa; mejora la aireación y porosidad del medio de cultivo y ayuda en la retención de agua. Además de que mejora el desarrollo de las raíces, logrando un buen crecimiento vegetativo y mejor tamaño en los productos agrícolas (FPCO, 2018)

La Leonardita es usado en la agricultura por su contenido de oxígeno, además posee una gran cantidad de sustancias húmicas y de grupos funcionales como son los carboxilo, carbonilo y metóxilo, mismos que ponen a prueba la efectividad de este tipo de fertilizantes en la agronomía, debido a las fracciones húmicas y fúlvicos que se extraen de las materias primas y ayudarán a elevar el nivel de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) (Taípe, 2018, pp. 23–24)

### **Requerimiento Nutricional Del Cultivo De Frutilla**

El manejo nutricional es un factor con gran importancia en el cultivo de frutilla, cada macro y micro elemento cumple un rol en el desarrollo de la planta. El nitrógeno favorece el crecimiento de la parte vegetativa principalmente, lo cual mejora se ve reflejado en el vigor de la planta, mientras que en las raíces aumenta la actividad de absorción de nutrientes. El potasio es un activador de enzimas, además en el fruto, mejora su calibre, da mayor firmeza y sabor (Kirschbaum y Borquez, 2006, pp. 117–127; Undurraga y Vargas, 2013, pp. 21–35)

Calcio, es esencial para el desarrollo de raíces, mejora la cuaja y el calibre de los frutos, al igual que le brinda mayor firmeza. En cuanto al magnesio mejora la actividad fotosintética de

las hojas, aumentando el color verde en las mismas (D. Kirschbaum & Borquez, 2006, pp. 117–127)

### Tabla 3

*Rango de niveles nutricionales porcentuales, adecuados en hoja de frutilla*

Nutriente	N	P	K	Ca	Mg
Nivel adecuado(%)	2.6-3.5	0.25-0.35	1.2-2.0	0.7-1.5	0.25-0.4

Nota. Adaptado de “Manual de manejo agronómico de la frutilla”, Morales,

2017, Vol.17, p.11-23

### Hidroponía

El término hidroponía, procede de las palabras griegas *hydros* (agua) y *ponos* (cultivo, labor). La hidroponía es un método de cultivo de plantas en un medio que no es tradicional, es decir que no usa tierra como principal elemento. Esta tecnología consiste en colocar el sistema radicular de las plantas en un medio nutriente, líquido o en sustrato relativamente inerte, ambos sistemas, alimentados por una solución nutritiva que contenga una determinada concentración de macroelementos y microelementos. Todos los métodos o sistemas hidropónicos se rigen por los mismos principios básicos. Pero su metodología es susceptible a experimentar cambios (Sampeiro, 1997, p. 153)

### Cultivo En Agua O Solución Nutritiva

Es el cultivo sin sustrato conocida como nutricultura, hidrocultura o hidroponía. Esta técnica consiste en desarrollar desde su nacimiento hasta su producción flores, frutas, hortalizas, etc. En donde las raíces permanecen y se desarrollan en una solución acuosa con nutrientes en concentraciones adecuadas, las cuales suplen las necesidades de fertilización de las plantas (Sampeiro, 1997, p. 153)

### **Cultivo En Sustrato**

En esta técnica, las plantas se desarrollan en un medio inerte hasta su producción, es decir en ese método existe un sustrato que puede ser de origen vegetal (turbas, viruta, aserrín, etc.) o mineral (arena, grava, pomina, etc.). Este método es el más empleado por agricultores, debido a que los cultivos reciben las condiciones óptimas en su manejo, crecimiento y desarrollo, mejorando así la productividad y reduciendo gasto por unidad de superficie (Sampeiro, 1997, p. 153)

### **Sistema Semi Hidropónico**

La característica principal del sistema semi hidropónico es que combina las técnicas de cultivo en suelo y la hidroponía, hace uso de un sustrato, el cual es fertilizado mediante una solución nutritiva que contiene los macro y micro elementos necesarios para el desarrollo del cultivo. Es una técnica de mucha importancia en lugares con zonas áridas o suelos dañados (Amaya, 1998, pp. 20–68).

### **Sistema Semi Hidropónico En Camas Elevadas**

Este tipo de sistemas, fueron desarrollados de tal manera, que el fruto no esté en contacto con el suelo, mejorando sus características, además los sistemas en camas elevadas, tienen la finalidad de reducir problemas de enfermedades ya sean causadas por hongos o bacterias, debido a que existe mayor aireación, mejor disponibilidad de nutrientes y captación de luz, siempre y cuando, las camas estén bien orientadas para que el sol pueda estar encima de las plantas y no producir sombra (Angulo, 2009, p. 25)

**Figura 2**

*Cultivo semi hidropónico de frutilla en camas elevadas*



Nota. "Fresa (*Fragaria ananassa*)", Angulo, R., 2009, Univisual

**Curvas De Extracción**

La importancia de las curvas de absorción es que nos facilitan la información sobre la calidad nutritiva del cultivo, en referencia al contenido de nutrientes presentes en la planta, ya sean estas para consumo humano o animal (Mite et al., 1999, pp. 11–13). Al conocer los resultados de las curvas de absorción, se observa claramente las épocas de mayor requerimiento de nutrientes, lo cual permite ajustar los programas de fertilización y definir las épocas de aplicación de los fertilizantes.

Bertsch (2009) menciona que para realizar la curva de extracción es importante definir las etapas fenológicas más importantes del cultivo, dividir la planta en los tejidos que se desea evaluar y tener al menos tres repeticiones en cada medición. Adicionalmente recalca que es mejor utilizar una sola variedad de cultivo y escoger las plantas en condiciones ideales de desarrollo (pp. 7-21)

### **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) menciona que lo importante de esta curva es que queden establecidas las principales etapas fenológicas del cultivo, mientras que la participación que tiene cada tejido, se calcula con el peso seco acumulado en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de cada etapa fenológica (pp. 7-21)

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Ubicación Del Lugar De Investigación

#### Ubicación Política

La presente investigación se realizó en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia Selva Alegre, en el invernadero de horticultura de la Hacienda el Prado; perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE".

#### Ubicación Geográfica

#### Figura 3

*Ubicación del proyecto de investigación*



Nota. "IASA Map". Google Earth, Digital Globe, 2019.

Latitud: 0°23'20"Sur

Longitud: 78°24'44"Oeste

Altura: 2748 m.s.n.m



Fuente: (Taipe, 2018, p. 33)

### **Ubicación Ecológica**

La estación de agro-meteorología que se encuentra en las instalaciones de la Hacienda El Prado- IASA I, nos proporciona los siguientes datos:

**Piso altitudinal:** Montano bajo

**Región latitudinal:** Templado

**Temperatura promedio:** 13.96 °C

**Precipitación:** 1332.72 mm

**Humedad relativa:** 66.33%

### **Condiciones Del Invernadero**

**Temperatura mínima:** 10°

**Temperatura máxima:** 35°

**Humedad relativa:** 40- 60%

**Luz PAR:** 1500  $\text{umol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$

### **Materiales**

#### **Materiales De Campo**

Se utilizó camas altas de pambil, fertilizantes, sustrato de pomina y cascarilla de arroz.

## **Materiales De Laboratorio**

Se requirieron los equipos de titulación Kjeldahl, espectrofotómetro y equipo de absorción atómica

## **Métodos**

### **Preparación De Sustrato**

Para el desarrollo de la investigación, se utilizó una combinación de povina y cascarilla de arroz en relación 3:1 respectivamente. Se desinfectó el sustrato con Propamocarb en una dosis de  $1\text{ml.L}^{-1}$ , para evitar la acción de fitopatógenos que puedan estar presentes en la cascarilla de arroz.

Una vez establecido el sistema semi hidropónico y previo al trasplante, se tomaron muestras de sustrato en distintos puntos de la cama, las cuales se mezclaron para obtener un kg de sustrato homogenizado y posteriormente conocer sus propiedades físicas y químicas en laboratorio

### **Propiedades Físicas De Los Sustratos**

#### **Densidad Aparente (DA)**

Para realizar las pruebas de densidad aparente, se colocó en un vaso de precipitación el sustrato, hasta alcanzar los  $100\text{ cm}^3$ , y se pesó. Posteriormente se llevó el vaso con la muestra a una estufa a  $105^{\circ}\text{C}$  por 24 horas. Para determinar la densidad aparente se utilizó la siguiente fórmula:

$$DA = \frac{MS}{Vs}$$

**Donde:**

**Ms:** Masa del sustrato

**Vs:** Volumen del sustrato

(Pire Cordero y Pereira, 2003, p. 57)

### **Porosidad Total**

La porosidad se estimó en base a la densidad aparente, para esto se aplicó la siguiente fórmula:

$$PT = 95.83 - 32.43Da$$

(Martínez y Roca, 2011, p. 40)

### **Capacidad De Retención De Humedad(CRH)**

Para la capacidad de retención de humedad, se pesó 100gr del sustrato y se secó a 105°C por 24horas. Posteriormente se saturó el sustrato con 100ml de agua en un recipiente con fondo hueco y papel filtro en la base. Pasado 15 minutos de filtrado, se pesó el sustrato húmedo. Para estimar la retención de humedad, se aplicó la siguiente ecuación:

$$CRH = \frac{PSH - PSS}{DH_2}$$

**Donde:**

PSH: Peso del sustrato húmedo

PSS: Peso del sustrato seco

D<sub>H2O</sub>: Densidad del agua

(Martínez y Roca, 2011, p. 43)

### **Granulometría Del Sustrato**

Para determinar la granulometría se colocó un kg de sustrato (pomina + cascarilla de arroz 3:1) en un tamizador automático, de cinco tamizadores con mallas de diferentes aberturas, ordenados de la siguiente manera: N5, 4mm; N12, 1.7mm; N30, 0.6 mm; N60, 0.25mm; N80, 0.18mm y el recogedor al final, por el lapso de un minuto. Posteriormente se pesó el remanente de cada tamiz y se expresó en porcentaje.

**Tabla 4**

*Características físicas del sustrato para cultivo de frutilla semi hidropónica (pomina+ cascarilla de arroz)*

Sustrato	DA (g.cm <sup>3</sup> )	PT (%)	CRH (%)	Granulometría (%)					
				>4mm	1.7- 4mm	0.6- 1.7mm	0.28- 0.6mm	0.18- 0.25mm	<0.18mm
Pomina cascarilla(3:1)	0.16	88.7	41	0.62	12.12	42.60	23.53	8.42	12.69

Nota. DA= Densidad aparente, PT= Porosidad total, CRH= Capacidad de retención de humedad

#### Propiedades Químicas De Los Sustratos

##### Potencial Hidrógeno (pH) y Conductividad Eléctrica (CE)

Para la determinación de pH y CE, se mezcló el sustrato con agua destilada, en una relación 1:1 (v/v). Se removió con una varilla de agitación, hasta homogenizar la muestra, y se midieron los valores con un equipo marca HANNA (Martínez & Roca, 2011, p. 44)

**Tabla 5**

*Propiedades químicas (pH y CE) del sustrato pomina+ cascarilla de arroz*

	T1(TMC)		T2(CONV)	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Ph	7.84	6.72	7.84	7.09
CE(ds.m <sup>-1</sup> )	0.42	0.71	0.42	0.82

Nota. La tabla muestra el pH (Potencial hidrógeno) y CE (Conductividad eléctrica) del sustrato, al inicio y al final de la investigación.

## FASE 1

### ***Metodología para la determinación de curvas de crecimiento y de absorción del cultivo de frutilla semi hidropónico***

#### **Material Vegetal**

Se utilizaron un total de 436 plántulas de frutilla variedad Monterrey. Las cuales estuvieron distribuidas en dos camas de cultivo con un total de 218 plántulas por cama.

#### **Desinfección De Plántulas**

A las plantas de aproximadamente 15 días, se aplicó una solución de Albit (bioactivador biológico) mediante inmersión de la raíz, en una dosis de  $1\text{ml.l}^{-1}$ , durante un minuto para su posterior el trasplante (Agro Solutions, 2016)

#### **Instalación Del Sistema Semi Hidropónico**

El cultivo experimental de frutilla, se probó en dos camas elevadas de 26m de largo y 0.3m de ancho estructuradas con pambil, alambre y plástico negro, separadas a una distancia de 0.5m entre camas. Para la fertirrigación se contó con dos tanques de fertilización y dos bombas (Trupper 0.75Hp), conectados a laterales con dos mangueras de goteo auto compensable.

Las plantas, se sembraron en sustrato de pomina y cascarilla de arroz (3:1) a 0.22m entre plantas e hileras, obteniendo una densidad de 9 plantas por  $\text{m}^2$ . El cultivo se fertilizó con la solución Yamazaki (1982), formulada con fertilizantes tradicionales y fertilizantes con tecnología micro carbono (TMC), a un pH de  $5.7 \pm 0.3$ , a una C.E de  $1.2 \text{ mS.cm}^{-1}$ .

**Figura 4**

*Vista frontal de las camas de cultivo semi hidropónico*



### Riego

Durante los primeros cinco días después de trasplante, adicionalmente al riego por goteo, se realizó un riego manual para evitar que la planta entre en estrés.

Los riegos fueron automatizados mediante un timer General electric, el cual se activó durante nueve veces en el día con una duración de uno o dos minutos, dándonos un riego por día de 72 litros por cama.

### Solución Nutritiva

Durante el desarrollo de la investigación, se empleó la solución Yamazaki.

**Tabla 6**

*Contenido de los macro y micro elementos para el cultivo de frutilla.*

	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
Macro nutriente (mg.l <sup>-1</sup> )	77	15	117	40	12

**CONTINÚA** →

	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Micro nutriente ( $\mu\text{M}$ )	35	1	0.45	1	21

Nota. Adaptado de “College of Agriculture and life sciences”, Arizona

University, 2015, Hydroponic Strawberry

Se elaboró una solución madre concentrada 100X, con los fertilizantes convencionales, para esto se utilizaron dos tanques de 60 litros. El tanque A contenía nitrato de amonio, nitrato de potasio y nitrato de calcio. Mientras en el tanque B se colocó fosfato monopotásico, sulfato de magnesio y los quelatos (hierro EDDHA6%, cobre, boro, molibdeno y zinc). Los fertilizantes micro carbono, se colocaron directamente al tanque de riego las cantidades requeridas, y se mezcló.

En los tanques de riego, se manejó un pH de 5.5 a 6, siendo el óptimo requerido de 5.7 en los dos sistemas (Morales et al., 2017, pp. 11–23)

### Concentración De Elementos

Las concentraciones por fertilizante fueron las siguientes:

- **Fertilizantes convencionales**

**Tabla 7**

*Concentraciones por  $\text{m}^3$  de los fertilizantes convencionales*

	Macroelementos	$\text{g.l}^{-1}$	$\text{g.}(\text{m}^3)^{-1}$
<b>Fertilización convencional</b>	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	0,04	40
	$\text{KNO}_3$	0,25	250
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,236	236
	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	0,068	68
	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,123	123
	<b>Microelementos</b>	<b><math>\text{mg.l}^{-1}</math></b>	<b><math>\text{mg.m}^3</math></b>
	Fe EDDHA 6%	32,67	32670
	Mn 13%	1,66	1666
	Zn 15%	0,87	870

**CONTINÚA** 

Microelementos	mg.l <sup>-1</sup>	mg.m <sup>3</sup>
B	1,38	1380
Cu 9%	0,71	710
Mo	0,08	80

- **Fertilizantes Micro carbono**

**Tabla 8**

*Concentraciones por m<sup>3</sup> de los fertilizantes micro carbono*

	Producto	ml.l <sup>-1</sup>	ml.(m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>
<b>Fertilización micro carbono TMC</b>	Super nitro	0,083	82,5
	Sulfur	0,001	1
	Phosmax	0,005	5,1
	Super K	0,021	21
	Calcium	0,032	32
	44Mag	0,012	12
	Iron	0,002	2
	Manganese	0,001	1,14
	Z-max	0,001	0,85
	Cooper	0,0003	0,3
	Boron	0,002	2
	Comol	0,0001	0,05

**Podas**

Se realizó podas de formación en la segunda semana después del trasplante, eliminando las primeras flores con el fin de darle vigor a las plantas (Angulo, 2009, pp. 6–25) A partir de la semana 10 del cultivo hasta el final de la investigación, se eliminaron estolones.

Adicionalmente, se mantuvieron cada 15 días podas de mantenimiento, lo cual consistió en ir eliminando hojas secas para así poder estimular nuevas inflorescencias y aumentar la aireación con el fin de evitar problemas por hongos (Angulo, 2009, pp. 6–25)

**Diseño Experimental**



En el experimento, se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con dos tratamientos y tres repeticiones.

### Factores

Se evaluaron los siguientes factores:

#### Factor A: Fertilizantes

F1: Fertilizantes líquidos (TMC)

F2: Fertilizantes convencionales (CONV)

#### Factor B: Variedad

V1: Monterrey

### Tabla 9

*Conformación de los tratamientos*

Fertilizante	Variedad	Tratamiento	
F1	V1	F1V1	T1
F2		F2V1	T2

Nota. El tratamiento está conformado de la

Combinación de los dos tipos de fertilizantes

y la variedad de frutilla.

### Croquis Del Ensayo

**Figura 5**

*Croquis del ensayo en campo*

F2V1R2	F1V1R1
F2V1R1	F1V1R3
F2V1R3	F1V1R2

Nota. F= Tipo de fertilizante, V= Variedad de frutilla y R= Repetición del tratamiento

**Unidades Experimentales**

El experimento contó con dos unidades experimentales, las cuales serán a manera de camas elevadas de cultivo de fresa, bajo un sistema semi hidropónico de forma rectangular de dimensiones: 26m de largo y 0.30 m de ancho con un total de 218 plantas por cama.

**Tipo De Diseño**

El modelo estadístico empleado es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Valor de la media general

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$e_{ij}$  = Error experimental

**Análisis Estadístico**

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA), adicionalmente se verificaron diferencias en las curvas con la prueba T de student y de datos mediante el Test Duncan con un nivel de significancia de  $p \leq 0,05$ .

### **Variables De Respuesta**

#### **Tamaño De Raíz**

Se separó la raíz de ocho plantas por repetición cada 30 días, y se midió el largo con una regla.

#### **Peso Fresco De Hojas**

Se tomaron todas las hojas de las plantas seleccionadas por repetición y se las pesó en una balanza analítica Ohaus (V02140).

#### **Número De Hojas**

Se seleccionaron ocho plantas por repetición y se contabilizó el número de hojas se cada 30 hasta los 120 días después del trasplante.

#### **Número De Flores**

De las plantas seleccionadas, se contabilizó el número de flores.

#### **Peso Y Tamaño Del Fruto**

A los 120 días se cosecharon los frutos y se pesaron en una balanza analítica marca Ohaus (V02140). El diámetro polar y ecuatorial se midieron con un calibrador.

#### **Solidos Solubles (°Brix) Del Fruto**

Para la medición de °Brix, se lo realizó en un refractómetro digital marca ATACO (PAL-1), donde se colocó una gota del jugo de cada frutilla.

### **Determinación De La Curva De Crecimiento**

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

Cada parte de las plantas se colocaron en bolsas de papel, y se las secó en una estufa marca Labor-Technik a 90° centígrados por 24 horas. Transcurrido este tiempo; se pesaron de nuevo para determinar peso seco en gramos y este dato se llevó a  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  multiplicando por el número de plantas en una hectárea de cultivo semi hidropónico en pirámide (163.636) (Bertsch, 2009, p. 15)

### **Determinación De Nitrógeno Por El Método Kjeldahl**

Para la determinación del nitrógeno se pesó en una balanza analítica marca KERN (770) 1.5g de la muestra previamente secada y molida, la muestra se colocó en un tubo Kjeldahl y se añadió 15ml de ácido sulfúrico y  $\frac{1}{4}$  de tableta de digestión Kjeldahl, para proceder a realizar la digestión en un digestor marca Inkjel M, durante 1hora y 30 aumentando la temperatura de 150°C a 420°C paulatinamente.

Transcurrido el tiempo de digestión, los tubos se colocaron en unidad de destilación Kjeldahl por 5 minutos, y posteriormente se realizó la titulación de la muestra con ácido clorhídrico 0.1N hasta que la misma cambie de color a rosado.

Para determinar la concentración de nitrógeno en %, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{14xNxVx100}{mx1000}$$

Donde:

N: Normalidad del ácido clorhídrico (HCl)

V: Gasto de HCl en la titulación

M: Masa de la muestra en gramos

(Sadzawka et al., 2006, p. 164)

#### **Determinación De Iones Por Absorción Atómica**

Se pesó 3gr de cada muestra molida y se las colocó en crisoles de porcelana para calcinarlas a 500°C en una mufla, posteriormente se realizó la recuperación del material en una plancha de calentamiento, añadiendo 1ml de agua desionizada y 10ml de ácido clorhídrico 2N, hasta llegar a ebullición. Para una mejor extracción, se añadió adicionalmente 3ml ácido clorhídrico.

Se vertió el contenido de los crisoles en balones aforados para filtrar el contenido y finalmente, se aforaron los balones con agua desionizada hasta llegar a los 100ml.

La medición de fósforo se realizó por el método molibdato-vanadato, para lo cual se mezcló en partes iguales ácido nítrico, molibdato de amonio y vanadato de amonio. Se colocaron 4ml de esta mezcla y 1ml del filtrado en tubos de ensayo y se dejaron reposar durante 1 hora. Transcurrido este tiempo, se midió el contenido de fósforo en un espectrofotómetro (EspectroFlex 6600) a 466nm.

Para la medición de potasio, se colocó en un tubo de ensayo 9ml de nitrato de lantano y 1ml de la muestra filtrada. Para los blancos se usó 9ml de nitrato de lantano y 1ml de agua desionizada.

En cuanto a calcio y magnesio, se colocó 9.5ml de nitrato de lantano y 0.5ml de la muestra filtrada. Para los blancos se usó 9.5ml de nitrato de lantano y 0.5ml de agua desionizada.

El cálculo de iones, se realizó mediante la siguiente ecuación:

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

(Sadzawka et al., 2006, p. 164)

**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 (100ml)

m= masa en gramos de la muestra

### **Extracción Total**

Se determinó la extracción total por cada órgano de la planta, para lo cual se sumaron los valores extraídos en cada período, y se los llevó a porcentaje para conocer el órgano que mayor acumulación de cada elemento presenta.

### **Frecuencias De Absorción**

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.

### **Relación Del Crecimiento Y Absorción**

Para determinar la mejor época de fertilización, se determinó los incrementos de absorción cada 30 días durante 120 días de cultivo, y se llevó este valor a porcentaje para conocer la época de mayor absorción presenta cada elemento.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Resultados

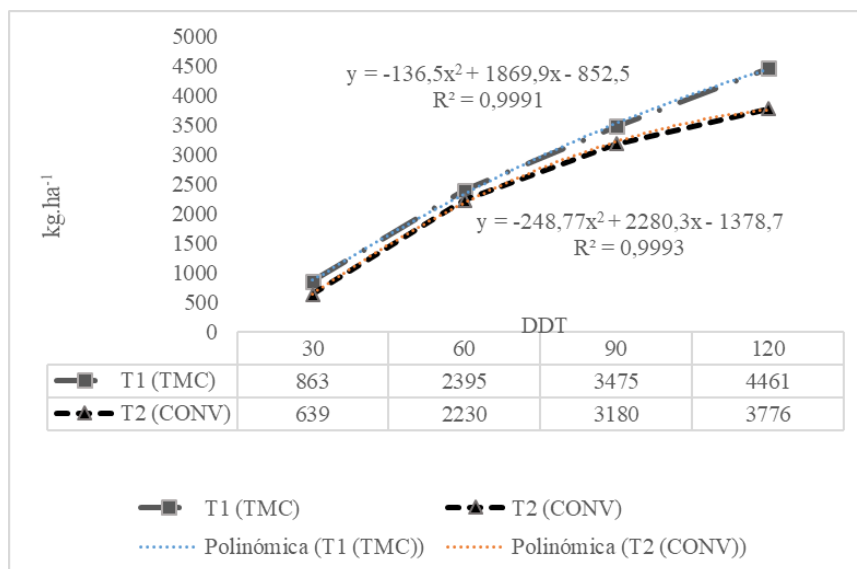
Se cultivó 218 plantas por cada tratamiento, teniendo un total de 436 plantas de frutilla var. Monterrey, en la investigación, sometidas a dos tipos de fertilizantes T1= Fertilización líquida (TMC) y T2= Fertilización convencional (CONV).

#### Curvas De Crecimiento

La curva de crecimiento total no muestra diferencia ( $t:2.92$ ,  $\alpha:0.05$ ). Sin embargo, a los 90 días (T1: 3475 kg.ha<sup>-1</sup>, T2: 3180 kg.ha<sup>-1</sup>) y 120 días (T1:4465 kg.ha<sup>-1</sup>, T2: 3776 kg.ha<sup>-1</sup>), el tratamiento con fertilizantes micro carbono (T1) presenta una mayor acumulación de materia seca (Figura 6).

#### Figura 6

Curva de crecimiento comparativa total entre los tratamientos T1 y T2





Las curvas de crecimiento se realizaron desde los 30 días después del trasplante (DDT) hasta los 120 días del cultivo, mismas que fueron elaboradas por cada órgano de la planta (raíz, tallo, hoja, estolón, flor, fruto); se observa que las curvas presentan un crecimiento similar en cada etapa de desarrollo, además se destaca que la curva de crecimiento del tratamiento 1 de los fertilizantes con tecnología micro carbono (TMC) acumula más biomasa seca frente al tratamiento 2 de fertilizantes convencionales (CONV) (Figura 6).

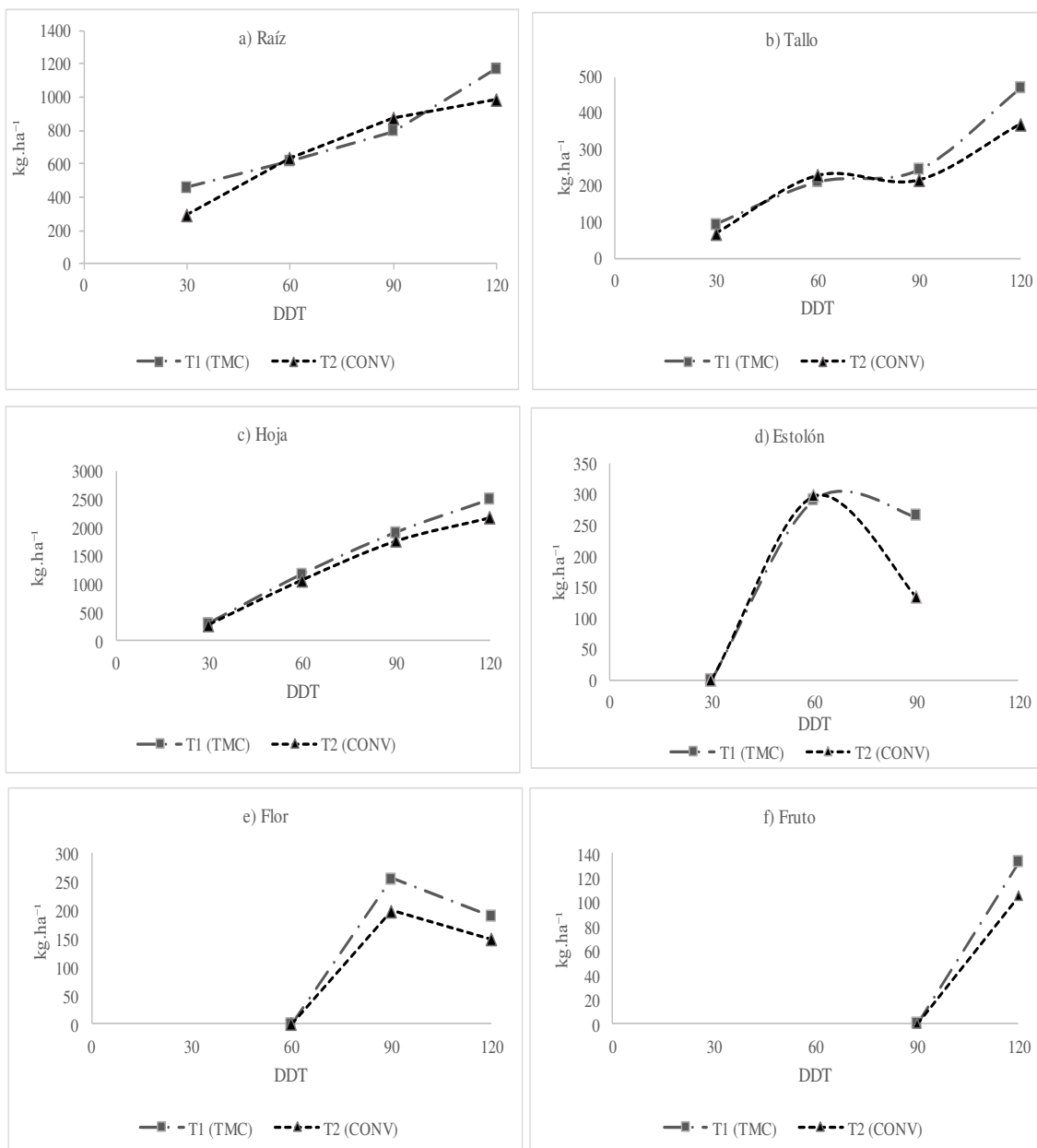
La hoja es el órgano que tiene mayor acumulación de materia seca, esta inició con 311 kg.ha<sup>-1</sup> en el tratamiento 1 y llegó a los 120 días con 2503 kg.ha<sup>-1</sup>, a comparación del tratamiento 2 que inició con 282 kg.ha<sup>-1</sup> y finalizó con 2171 kg.ha<sup>-1</sup> (Figura 6c). El segundo órgano con mayor acumulación de materia seca es la raíz (Figura 6a), seguido del tallo donde se observa que las curvas entre ambos tratamientos presentan un incremento similar (Figura 6b).

A partir de los 60 días inicia el crecimiento de los estolones, sin observarse diferencia en el crecimiento entre ambos tratamientos ( $t:0.45$ ,  $\alpha:0.05$ ), sin embargo, a los 90 días, se evidencia un incremento de materia seca en el T1 (TMC) (T1: 264 kg.ha<sup>-1</sup>, T2: 134 kg.ha<sup>-1</sup>) (Figura 6d).

Por su parte, la flor inicia su crecimiento a los 90 días en ambos tratamientos, se evidencia que en el T1 (Fertilización TMC) acumula una biomasa de 254 kg.ha<sup>-1</sup> y el T2 (Fertilizantes CONV) de 198 kg.ha<sup>-1</sup> y se extiende hasta los 120 días, tiempo en el cual el fruto inicia su desarrollo, por lo que se evidencia una reducción de la biomasa de las flores a los 120 días (Figura 6e y 6f).

Figura 7

Curvas de crecimiento en peso seco de plantas de frutilla var. Monterrey ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), tallo (b), hoja(c), estolón (d), flor (e), fruto(f)



Nota. DDT= Días después del trasplante, T1= Tratamiento con fertilizantes micro carbono y T2=

Tratamiento con fertilizantes convencionales

## Curvas de absorción de nutrientes

### Nitrógeno

Las curvas de absorción de nitrógeno se muestran en la Figura 8, donde la hoja (Figura 8c) 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 30 (T1:  $8,35 \pm 0,43 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , T2:  $5,75 \pm 0,43 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) ( $p=0.126$ ) a los 120 días (T1:  $60.65 \pm 1,92 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , T2:  $52.31 \pm 1,92 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) ( $p=0.0375$ ). La raíz (Figura 6a) es el segundo órgano con mayor absorción de nitrógeno, se evidencian diferencias significativas a los 30 (T1:  $5.40 \pm 0,31 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , T2:  $3.75 \pm 0,31 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) ( $p=0.0188$ ) y 120 días (T1:  $23.66 \pm 0,64 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , T2:  $20.18 \pm 0,64 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) ( $p=0.0187$ ) (Tabla 10).

En el tallo (Figura 8b) se observa una diferencia estadística a los 120 DDT ( $p=0.042$ ) en donde el T1 acumuló  $8.62 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  y el T2 tuvo  $6.08 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de N (Tabla 10). El estolón (Figura 8d) a los 60 días presentó un contenido de N de  $7.62$  y  $5.55 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  en el T1 y T2 respectivamente y reducen su contenido a los 90 días (T1:  $5.34 \pm 0,44 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , T2:  $2.39 \pm 0,44 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), mientras que en la flor (Figura 6e) esta reducción se presenta a los 120 días ( $p=0.0448$ ) (T1:  $3.75 \pm 0,18 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , T2:  $2.56 \pm 0,18 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) (Tabla 10).

**Tabla 10**

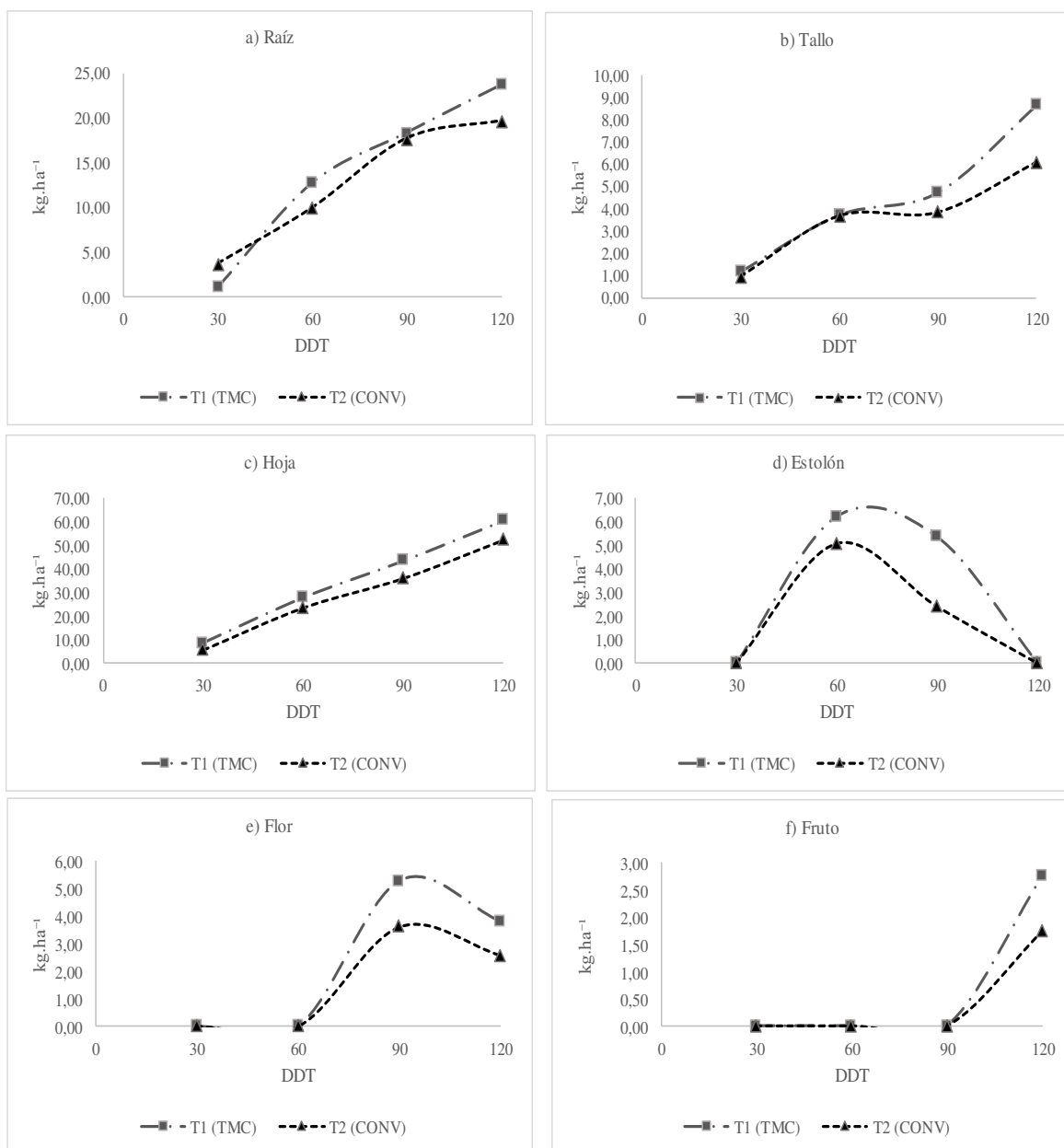
*Promedio  $\pm$  error estándar de la absorción del nitrógeno evaluado a los 20, 60, 90, 120 DDT, en cada parte de la planta.*

<b>Nitrógeno</b>							
<b>DDT</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Raíz</b>	<b>Tallo</b>	<b>Hoja</b>	<b>Estolón</b>	<b>Flor</b>	<b>Fruto</b>
30	T1 (TMC)	5,40 $\pm$ 0,31 a	1,17 $\pm$ 0,22 a	8,35 $\pm$ 0,43 a	-	-	-
	T2 (CONV)	3,75 $\pm$ 0,31 b	0,92 $\pm$ 0,22 a	5,75 $\pm$ 0,43 b	-	-	-
60	T1 (TMC)	12,83 $\pm$ 1,30 a	3,73 $\pm$ 0,67 a	27,69 $\pm$ 0,93 a	7,62 $\pm$ 0,28 a	-	-
	T2 (CONV)	12,47 $\pm$ 1,30 a	3,63 $\pm$ 0,67 a	23,55 $\pm$ 0,93 b	5,55 $\pm$ 0,28 b	-	-
90	T1 (TMC)	18.37 $\pm$ 1,34 a	4,74 $\pm$ 0,5 a	43,41 $\pm$ 2,00 a	5,34 $\pm$ 0,44 a	5,30 $\pm$ 0,45 a	-
	T2 (CONV)	17.74 $\pm$ 1,34 a	3,84 $\pm$ 0,5 a	35,54 $\pm$ 2,00 b	2,39 $\pm$ 0,44 b	3,51 $\pm$ 0,45b	-
120	T1 (TMC)	23,75 $\pm$ 0,64 a	8,62 $\pm$ 0,64 a	60,65 $\pm$ 1,92 a	-	3,75 $\pm$ 0,29 a	2,72 $\pm$ 0,18 a
	T2 (CONV)	20,18 $\pm$ 0,64 b	6,08 $\pm$ 0,64 b	52,31 $\pm$ 1,92 b	-	2,56 $\pm$ 0,29 b	1,76 $\pm$ 0,18 b

Nota. Medias de una columna que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (Duncan;  $p \leq 0.05$ )

Figura 8

Curvas de absorción de nitrógeno ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), de plantas de frutilla var. Monterrey en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), tallo (b), hoja(c), estolón (d), flor (e), fruto (f)



Nota. DDT= Días después del trasplante, T1= Tratamiento con fertilizantes micro carbono y T2=

Tratamiento con fertilizantes convencionales

## Fósforo

El fósforo presente en la raíz, tiene mayor acumulación durante el ciclo de cultivo con el tratamiento de fertilizantes convencionales T2 (Figura 9a), la mayor absorción se presenta a los 120 días (T1:  $3.31 \pm 0,22 \text{ kg.ha}^{-1}$ , T2:  $4.75 \pm 0,22 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) ( $p=0.0103$ ). En el tallo (Figura 9b) a los 60 días se observa una mayor absorción de este elemento con el T2 (CONV) ( $p=0.036$ ) con un promedio de absorción de T1:  $0.55 \pm 0,15 \text{ kg.ha}^{-1}$  y T2:  $0.93 \pm 0,15 \text{ kg.ha}^{-1}$  (Tabla 11). La diferencia de absorción de fósforo en hoja (Figura 9c) inicia a los 60 días siendo mayor en el T2 ( $p=0.0152$ ) con  $6.55 \text{ kg.ha}^{-1}$  a diferencia del T1 que acumula  $3.57 \text{ kg.ha}^{-1}$ . La Figura 9d muestra la curva de absorción del estolón donde se observa que la mayor absorción se presentó a los 60 días (T1:  $1.32 \pm 0,12 \text{ kg.ha}^{-1}$ , T2:  $1.72 \pm 0,12 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) (Tabla 11).

La flor a los 90 ( $p=0.92$ ) y 120 días ( $p=0.64$ ) (Figura 9e) y el fruto a los 120 días ( $p=0.80$ ) (Figura 9f) no muestran diferencias estadísticas en los promedios de acumulación de nitrógeno.

**Tabla 11**

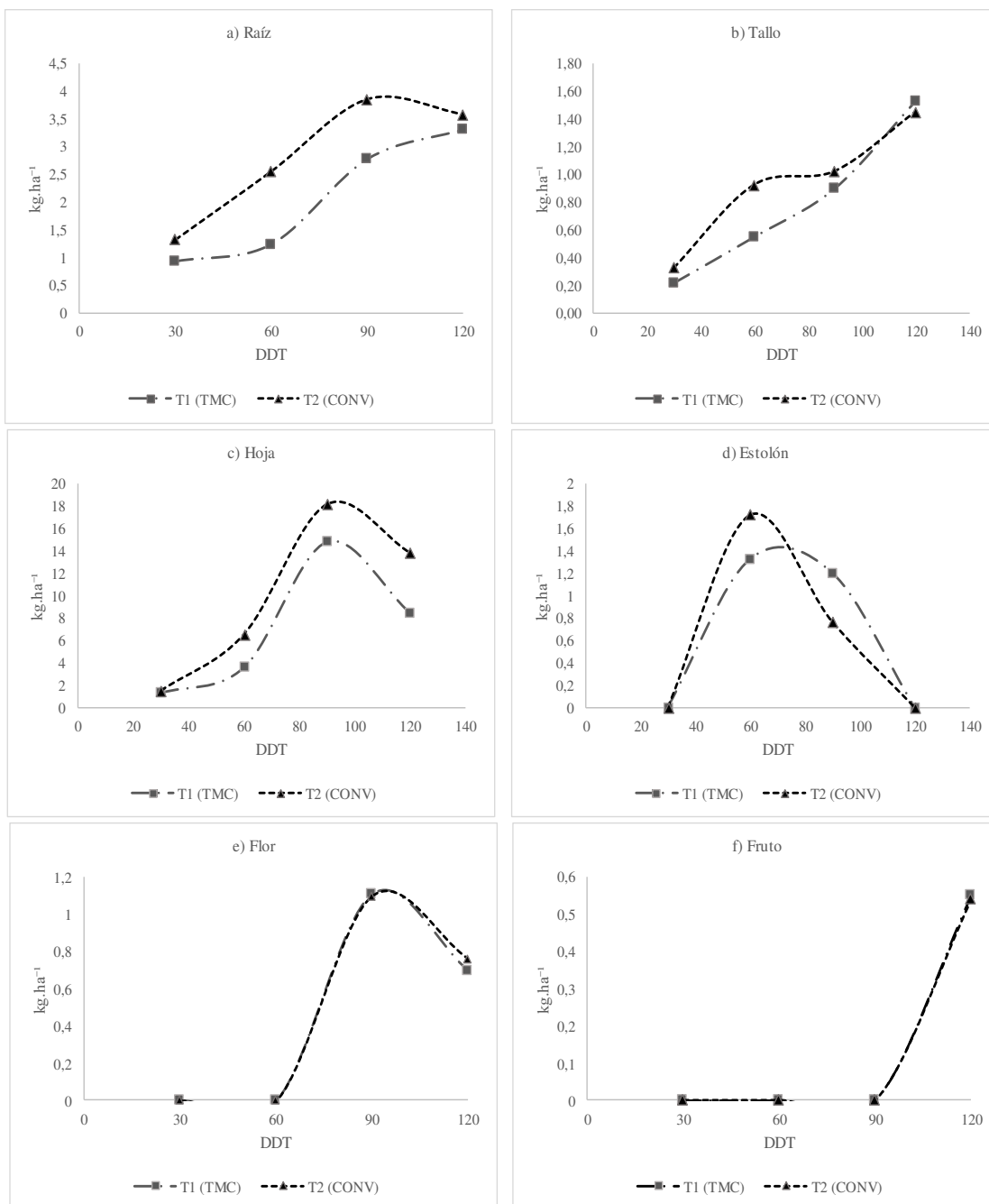
*Promedio  $\pm$  error estándar de la absorción del fósforo evaluado a los 20, 60, 90, 120 DDT, en cada parte de la planta.*

<b>Fósforo</b>							
<b>DDT</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Raíz</b>	<b>Tallo</b>	<b>Hoja</b>	<b>Estolón</b>	<b>Flor</b>	<b>Fruto</b>
30	T1 (TMC)	0,93 $\pm$ 0,07 b	0,22 $\pm$ 0,06 a	1,41 $\pm$ 0,16 a	-	-	-
	T2 (CONV)	1,32 $\pm$ 0,07 a	0,33 $\pm$ 0,06 a	1,32 $\pm$ 0,16 a	-	-	-
60	T1 (TMC)	1,24 $\pm$ 0,22 b	0,55 $\pm$ 0,15 b	3,57 $\pm$ 0,52 b	1,32 $\pm$ 0,12 a	-	-
	T2 (CONV)	3,12 $\pm$ 0,22 a	0,93 $\pm$ 0,15 a	6,55 $\pm$ 0,52 a	1,72 $\pm$ 0,12 a	-	-
90	T1 (TMC)	2,77 $\pm$ 0,17 b	0,90 $\pm$ 0,1 a	14,77 $\pm$ 0,71 b	1,20 $\pm$ 0,11 a	1,11 $\pm$ 0,14	-
	T2 (CONV)	3,82 $\pm$ 0,17 a	1,02 $\pm$ 0,1 a	17,58 $\pm$ 0,71 a	0,76 $\pm$ 0,11 b	1,09 $\pm$ 0,14	-
120	T1 (TMC)	3,31 $\pm$ 0,22 b	1,52 $\pm$ 0,16 a	8,46 $\pm$ 0,72 b	-	0,69 $\pm$ 0,11	0,55 $\pm$ 0,04
	T2 (CONV)	4,75 $\pm$ 0,22 a	1,45 $\pm$ 0,16 a	13,78 $\pm$ 0,72 a	-	0,77 $\pm$ 0,11	0,55 $\pm$ 0,04

Nota. Medias de una columna que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (Duncan;  $p \leq 0.05$ ).

Figura 9

Curvas de absorción de fósforo ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), de plantas de frutilla var. Monterrey en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), tallo (b), hoja (c), estolón (d), flor (e), fruto (f)



Nota. DDT= Días después del trasplante, T1= Tratamiento con fertilizantes micro carbono y T2= Tratamiento con fertilizantes convencionales



## Potasio

La curva de absorción de potasio en raíz (Figura 10a), presenta diferencia a los 30 DDT ( $p=0.0035$ ) (T1:  $4.40 \pm 0,21 \text{ kg.ha}^{-1}$  y T2:  $2.61 \pm 0,21 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) y 60 DDT ( $p=0.034$ ) (T1:  $8.55 \pm 0,68 \text{ kg.ha}^{-1}$ , T2:  $5.5 \pm 0,68 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), mientras que en el tallo (Figura 10b) la diferencia es evidente solo a los 120 días ( $p=0.011$ ) (T1:  $6.77 \pm 2,58 \text{ kg.ha}^{-1}$ , T2:  $5.38 \pm 2,58 \text{ kg.ha}^{-1}$ ). A los 60 días la hoja muestra una diferencia significativa entre tratamientos ( $p=0.031$ ) (Figura 10c), pues el T1 acumula  $24.43 \text{ kg.ha}^{-1}$  y el T2:  $12.05 \text{ kg.ha}^{-1}$  (Tabla 12), esta diferencia se repite a los 120 días ( $p=0.025$ ). La absorción de K en estolón empieza a los 60 días con  $4.77 \text{ kg.ha}^{-1}$  en el T1 (TMC) y  $3.81 \text{ kg.ha}^{-1}$  con el T2 (CONV) ( $p=0.038$ ) y se reduce a los 90 días (T1:  $3.41 \pm 0,36 \text{ kg.ha}^{-1}$  y T2:  $1.94 \pm 0,36 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) (Figura 10d) (Tabla 12).

La flor (Figura 10e) muestra diferencia estadística a los 90 días ( $p=0.035$ ) con una absorción promedio de  $3.41 \text{ kg.ha}^{-1}$  con los fertilizantes micro carbono T1 y  $2.06 \text{ kg.ha}^{-1}$  con los fertilizantes convencionales T2. El fruto a los 120 días muestra mayor absorción de potasio ( $p=0.039$ ) para el T1 (TMC) con un promedio de absorción  $2.33 \text{ kg.ha}^{-1}$  a diferencia del T2 que tuvo un promedio de  $1.76 \text{ kg.ha}^{-1}$  (Figura 10f) (Tabla 12).

**Tabla 12**

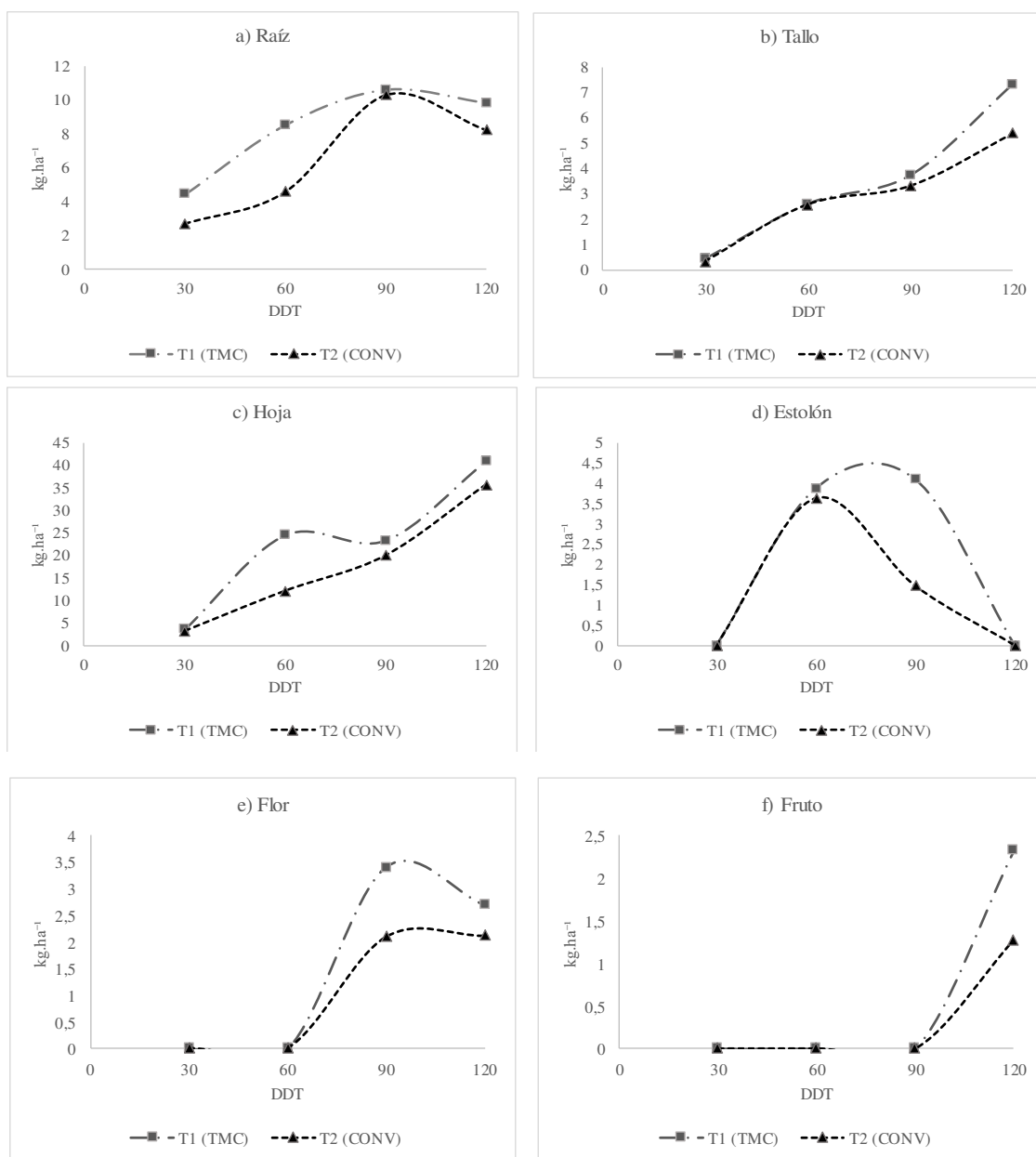
*Promedio  $\pm$  error estándar de la absorción del potasio evaluado a los 20, 60, 90, 120 DDT, en cada parte de la planta.*

<b>Potasio</b>							
<b>DDT</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Raíz</b>	<b>Tallo</b>	<b>Hoja</b>	<b>Estolón</b>	<b>Flor</b>	<b>Fruto</b>
30	T1 (TMC)	4,40 $\pm$ 0,21 a	0,44 $\pm$ 0,06 a	3,51 $\pm$ 0,56 a	-	-	-
	T2 (CONV)	2,61 $\pm$ 0,21 b	0,31 $\pm$ 0,06 a	3,20 $\pm$ 0,56 a	-	-	-
60	T1 (TMC)	8,55 $\pm$ 0,68 a	2,77 $\pm$ 0,72 a	24,43 $\pm$ 2.70 a	4,77 $\pm$ 0,22 a	-	-
	T2 (CONV)	5,51 $\pm$ 0,68 b	2,56 $\pm$ 0,72 a	12,05 $\pm$ 2.70 b	3,81 $\pm$ 0,22 b	-	-
90	T1 (TMC)	10,66 $\pm$ 1,19 a	3,77 $\pm$ 0,49 a	23,14 $\pm$ 0,52 a	3,41 $\pm$ 0,36 a	3,41 $\pm$ 0,40 a	-
	T2 (CONV)	10,38 $\pm$ 1,19 a	3,22 $\pm$ 0,49 a	19,86 $\pm$ 0,52 b	1,94 $\pm$ 0,36 b	2,06 $\pm$ 0,40 b	-
120	T1 (TMC)	9,85 $\pm$ 0,87 a	6,77 $\pm$ 0,35 a	40,65 $\pm$ 2,58 a	-	2,70 $\pm$ 0,29 a	2,33 $\pm$ 0,20 a
	T2 (CONV)	11,04 $\pm$ 0,87 a	5,38 $\pm$ 0,35 b	35,79 $\pm$ 2,58 b	-	2,11 $\pm$ 0,29 a	1,27 $\pm$ 0,20 b

Nota. Medias de una columna que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (Duncan;  $p \leq 0.05$ ).

Figura 10

Curvas de absorción de potasio ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), de plantas de frutilla var. Monterrey en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), tallo (b), hoja (c), estolón (d), flor (e), fruto (f)



Nota. DDT= Días después del trasplante, T1= Tratamiento con fertilizantes micro carbono y T2=

Tratamiento con fertilizantes convencionales

## Calcio

La figura 11a muestra la absorción de Ca en raíz donde se evidencian diferencias estadísticas a los 30 ( $p=0.047$ ) (T1:  $2.21 \pm 0.19 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , T2:  $1.46 \pm 0.19 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), 60 ( $p=0.035$ ) (T1:  $5.91 \pm 0.53 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , T2:  $3.62 \pm 0.53 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) y 120 DDT ( $p=0.028$ ) (T1:  $6.47 \pm 0.32 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , T2:  $4.95 \pm 0.32 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) (Tabla 13); mientras en la hoja (Figura 11c) la diferencia de absorción de Ca se presenta desde los 60 ( $p=0.035$ ) (T1:  $13.59 \pm 0.78 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , T2:  $10.13 \pm 0.78 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) hasta los 90 DDT ( $p=0.047$ ) (T1:  $19.34 \pm 0.63 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , T2:  $16.81 \pm 0.63 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). El estolón, por su parte no presenta diferencia a los 60 días ( $p=0.38$ ) (Figura 11d), esto cambia a los 90 DDT ( $p=0.006$ ) donde el T1 acumula  $1.22 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  y el T2:  $0.55 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  (Tabla 13).

El calcio en la flor no muestra diferencia significativa ( $p>0.05$ ) (Tabla 13), sin embargo, los promedios de absorción son mayores con el tratamiento de fertilizantes micro carbono (TMC) (Figura 11e). Finalmente, la absorción en el fruto es similar para ambos tratamientos (Figura 11f) además no presenta diferencia estadística ( $p=0.71$ ) en los promedios de acumulación (Tabla 13).

**Tabla 13**

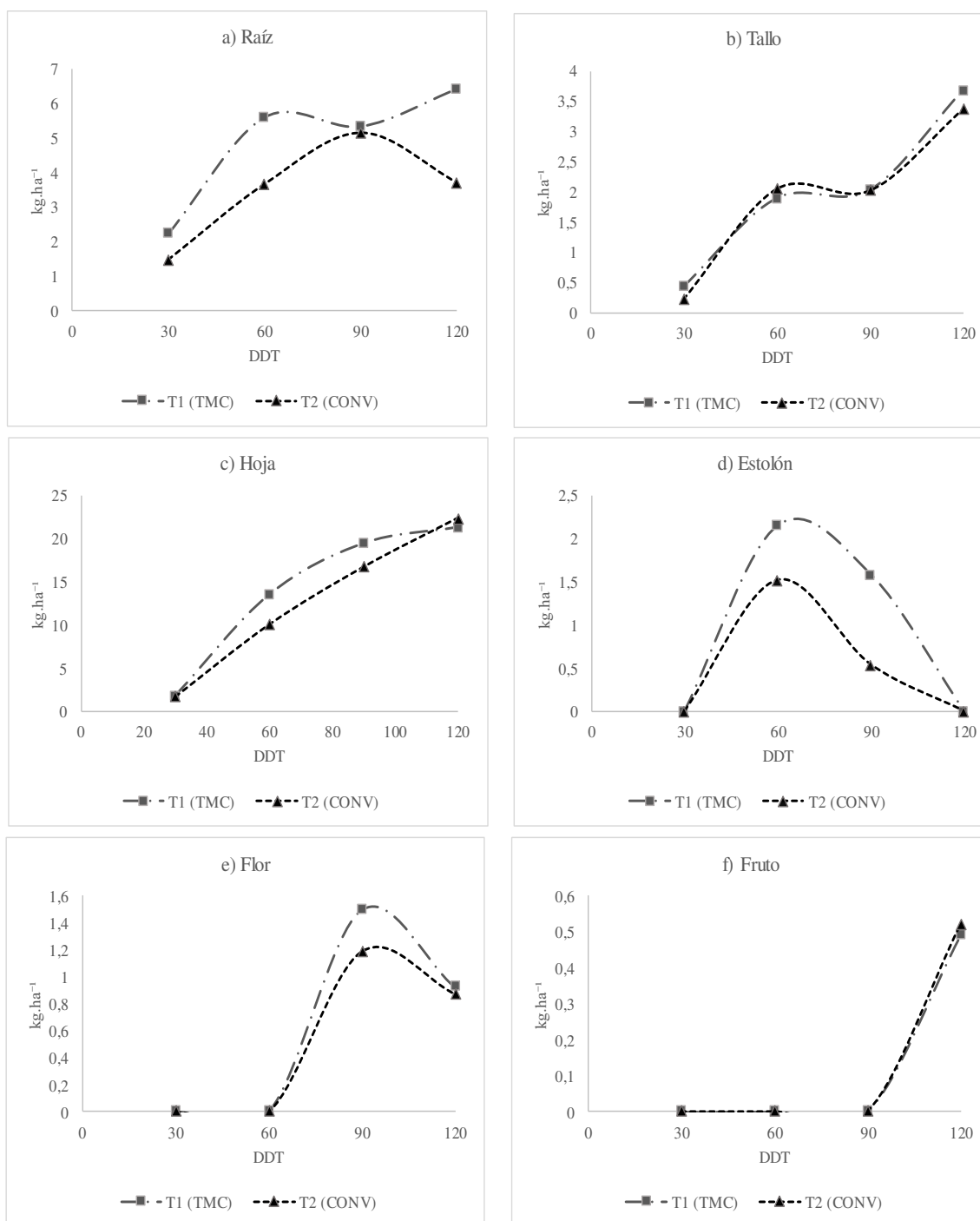
*Promedio  $\pm$  error estándar de la absorción del calcio evaluado a los 20, 60, 90, 120 DDT, en cada parte de la planta.*

Calcio							
DDT	Tratamiento	Raíz	Tallo	Hoja	Estolón	Flor	Fruto
30	T1 (TMC)	2,21 $\pm$ 0,19 a	0,42 $\pm$ 0,05	1,81 $\pm$ 0,16 a			
	T2 (CONV)	1,46 $\pm$ 0,19 b	0,23 $\pm$ 0,05	1,74 $\pm$ 0,16 a			
60	T1 (TMC)	5,91 $\pm$ 0,53 a	2,17 $\pm$ 0,54	13,59 $\pm$ 0,78 a	2,15 $\pm$ 0,70 a		
	T2 (CONV)	3,62 $\pm$ 0,53 b	1,93 $\pm$ 0,54	10,13 $\pm$ 0,78 b	1,51 $\pm$ 0,70 a		
90	T1 (TMC)	5,35 $\pm$ 0,69 a	2,05 $\pm$ 0,33	19,34 $\pm$ 0,63 a	1,58 $\pm$ 0,09 a	1,51 $\pm$ 0,18	
	T2 (CONV)	5,15 $\pm$ 0,69 a	2,03 $\pm$ 0,33	16,81 $\pm$ 0,63 b	0,53 $\pm$ 0,09 b	1,19 $\pm$ 0,18	
120	T1 (TMC)	6,47 $\pm$ 0,32 a	3.66 $\pm$ 0,59	21,38 $\pm$ 1,13 a		0,92 $\pm$ 0,14	0,49 $\pm$ 0,04
	T2 (CONV)	4,95 $\pm$ 0,32 b	3.36 $\pm$ 0,59	22,30 $\pm$ 1,13a		0,87 $\pm$ 0,14	0,52 $\pm$ 0,04

Nota. Medias de una columna que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (Duncan;  $p \leq 0.05$ )

Figura 11

Curvas de absorción de calcio ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), de plantas de frutilla var. Monterrey en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), tallo (b), hoja (c), estolón (d), flor (e), fruto (f)



Nota. DDT= Días después del trasplante, T1= Tratamiento con fertilizantes micro carbono y T2= Tratamiento con fertilizantes convencionales

## Magnesio

La Figura 12a corresponde a la absorción de magnesio en la raíz; se observan diferencias estadísticas a los 30 ( $p=0.018$ ) (T1:  $2.47\pm 0,66$ , T2  $0.99\pm 0,66$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y 120 DDT ( $p=0.001$ ) (T1:  $6.60\pm 0,15$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , T2:  $4.95\pm 0,15$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). En la hoja, (Figura 12c) se observa una mayor absorción de magnesio con el T1 (TMC) a los 60 ( $p=0.045$ ) (T1:  $7.51\pm 0.4$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , T2:  $5.89\pm 0.4$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y 120DDT ( $p=0.06$ ) (T1:  $10.57\pm 0.53$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , T2:  $9.48\pm 0.53$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) (Tabla 14).

La figura 12 nos indica las curvas de absorción entre el T1 y T2, la curva de absorción en raíz y tallo con el T1 son superiores a diferencia del T2 (Figura 12a, 12b).

La Figura 12d muestra la curva de absorción en estolón, donde a los 60 días no presenta diferencia ( $p=0.12$ ), esto cambia a los 90 días ( $p=0.041$ ) teniendo un promedio de  $1.41$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  en el T1 y  $0.66$   $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  en el T2 (Tabla 14).

La curva de tallo, flor y fruto (Figura 12b, 12e, 12f) no muestran diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ), sin embargo, el tratamiento con fertilizantes micro carbono (T1) tiene un mayor promedio de absorción (Tabla 14)

**Tabla 14**

*Promedio  $\pm$  error estándar de la absorción del magnesio evaluado a los 20, 60, 90, 120 DDT, en cada parte de la planta.*

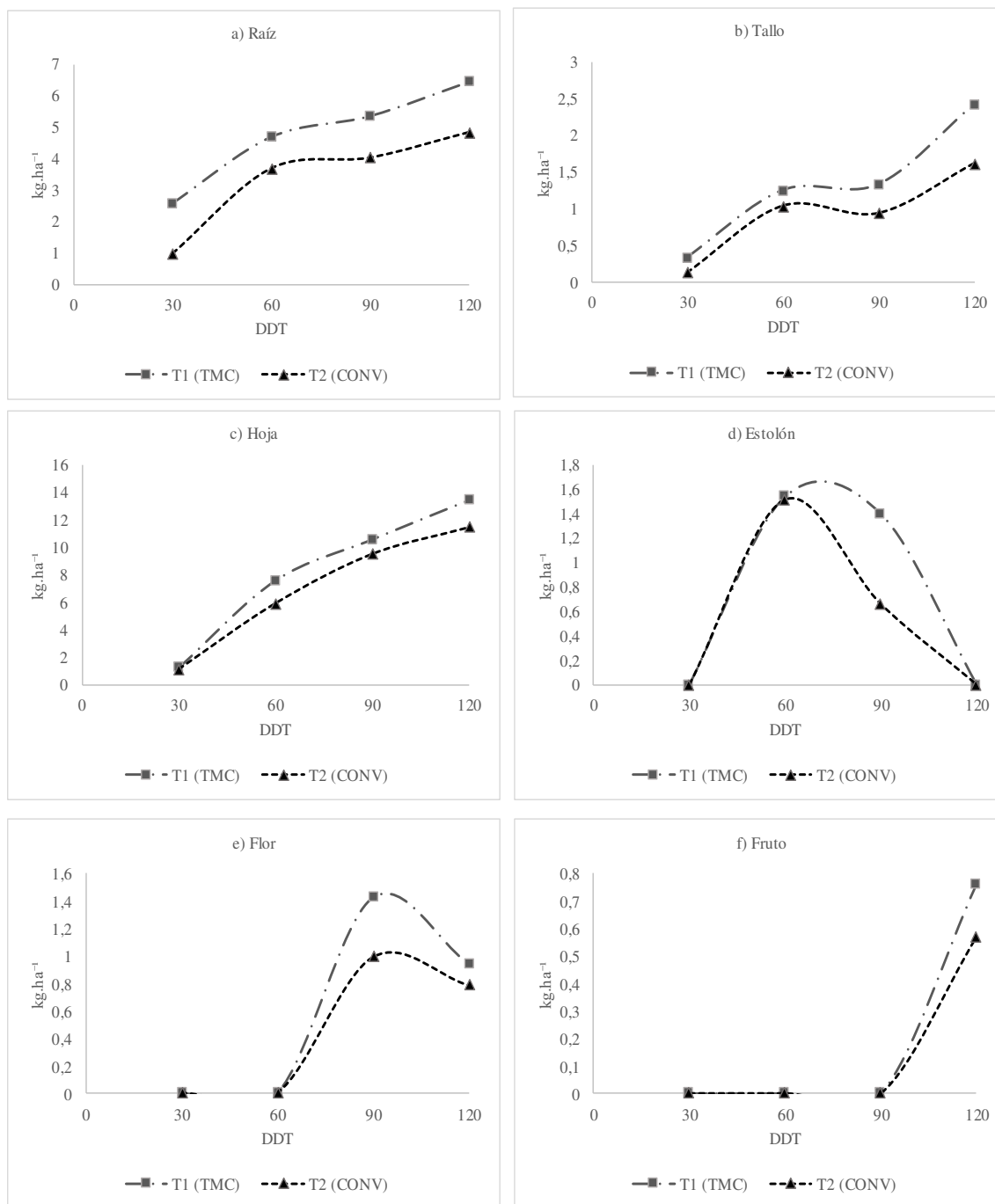
<b>Magnesio</b>							
<b>DDT</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Raíz</b>	<b>Tallo</b>	<b>Hoja</b>	<b>Estolón</b>	<b>Flor</b>	<b>Fruto</b>
30	T1 (TMC)	2,47 $\pm$ 0,66 a	0,33 $\pm$ 0,07	1,24 $\pm$ 0,04 a	-	-	-
	T2 (CONV)	0,99 $\pm$ 0,66 b	0,13 $\pm$ 0,07	1,01 $\pm$ 0,04 a	-	-	-
60	T1 (TMC)	4,65 $\pm$ 0,99 a	1,25 $\pm$ 0,28	7,51 $\pm$ 0,40 a	1,54 $\pm$ 0,11 a	-	-
	T2 (CONV)	3,69 $\pm$ 0,99 a	1,11 $\pm$ 0,28	5,89 $\pm$ 0,40b	1,62 $\pm$ 0,11 a	-	-
90	T1 (TMC)	5,36 $\pm$ 0,75 a	1,33 $\pm$ 0,2	10,57 $\pm$ 0,98 a	1,41 $\pm$ 0,18 a	1,43 $\pm$ 0,18	-
	T2 (CONV)	4,01 $\pm$ 0,75 a	0,97 $\pm$ 0,2	9,48 $\pm$ 0,98 a	0,66 $\pm$ 0,18 b	1,00 $\pm$ 0,18	-
120	T1 (TMC)	6,60 $\pm$ 0,15 a	2,42 $\pm$ 0,31	13,42 $\pm$ 0,53 a	-	0,95 $\pm$ 0,11	0,76 $\pm$ 0,06
	T2 (CONV)	4,95 $\pm$ 0,15 b	1,61 $\pm$ 0,31	11,57 $\pm$ 0,53 b	-	0,78 $\pm$ 0,11	0,57 $\pm$ 0,06

Nota. Medias de una columna que presentan letras distintas, son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )



Figura 12

Curvas de absorción de magnesio ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), de plantas de frutilla var. Monterrey en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), tallo (b), hoja (c), estolón (d), flor (e), fruto (f)



Nota. DDT= Días después del trasplante, T1= Tratamiento con fertilizantes micro carbono y T2=

Tratamiento con fertilizantes convencionales

## Extracción Total

### Fertilización Líquida (TMC)

En la tabla 15, se detallan las cantidades extraídas por cada parte de la planta de los principales nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) durante los 120 días de duración del cultivo de frutilla var. Monterrey con el T1, correspondiente a la fertilización líquida TMC.

La dinámica de absorción total se presentó de la siguiente manera: N > K > Ca > Mg > P, siendo el nitrógeno el elemento más extraído (237.93 kg.ha<sup>-1</sup>), seguido del potasio (155.98 kg.ha<sup>-1</sup>). Esta misma dinámica de absorción se presenta en raíz, tallo y hojas. No así en el fruto, pues el tercer elemento más importante es el magnesio teniendo: N > K > Mg > P > Ca.

La hoja es la principal zona de acumulación de nutrientes y el nitrógeno es el elemento más absorbido (140.03 kg.ha<sup>-1</sup>) seguido del potasio (92.11 kg.ha<sup>-1</sup>) (Tabla 15).

**Tabla 15**

*Absorción total de nutrientes ( N, P, K, Ca, Mg) en kg.ha<sup>-1</sup> por órgano de la planta durante 120 DDT, con el T1 (TMC)*

Parte de la planta	N	P	K	Ca	Mg	$\bar{X}$
			kg.ha <sup>-1</sup>			
Raíz	56.16	8.26	33.40	18.52	19.04	27.08
Tallo	18.34	3.20	14.11	8.06	5.35	9.81
Hoja	140.03	28.23	92.11	55.97	32.81	69.83
Estolón	11.57	2.52	7.95	3.73	2.94	5.74
Flor	9.06	1.08	6.09	2.42	2.36	4.20
Fruto	2.76	0.55	2.32	0.52	0.76	1.38
Total	237.93	44.56	155.98	89.22	63.3	118.04

La Tabla 16 muestra las frecuencias de acumulación (relativa y acumulada), del total de absorción en porcentaje de cada los elemento (N, P, K, Ca, Mg), en plantas de frutilla var. Monterrey durante 120 días con fertilizantes micro carbono (TMC).

El Nitrógeno y el potasio muestran una acumulación constante durante todo el ciclo,

siendo la más alta a los 120 DDT con el 30.42% y 32.02% respectivamente; mientras el fósforo y magnesio, presentan la mayor acumulación a los 90 DDT con el 38.39% de P y 30.22% Mg, reduciéndose a los 120 días a 28.5% y 29.35% respectivamente (Tabla 16).

Por su parte el calcio a los 60 días presenta el 31.92% de absorción, siendo este valor el más alto, para este elemento.

**Tabla 16**

*Acumulación relativa de N, P K, Ca, Mg en frutilla var. Monterrey con fertilizantes micro carbono (TMC) durante 120 DDT*

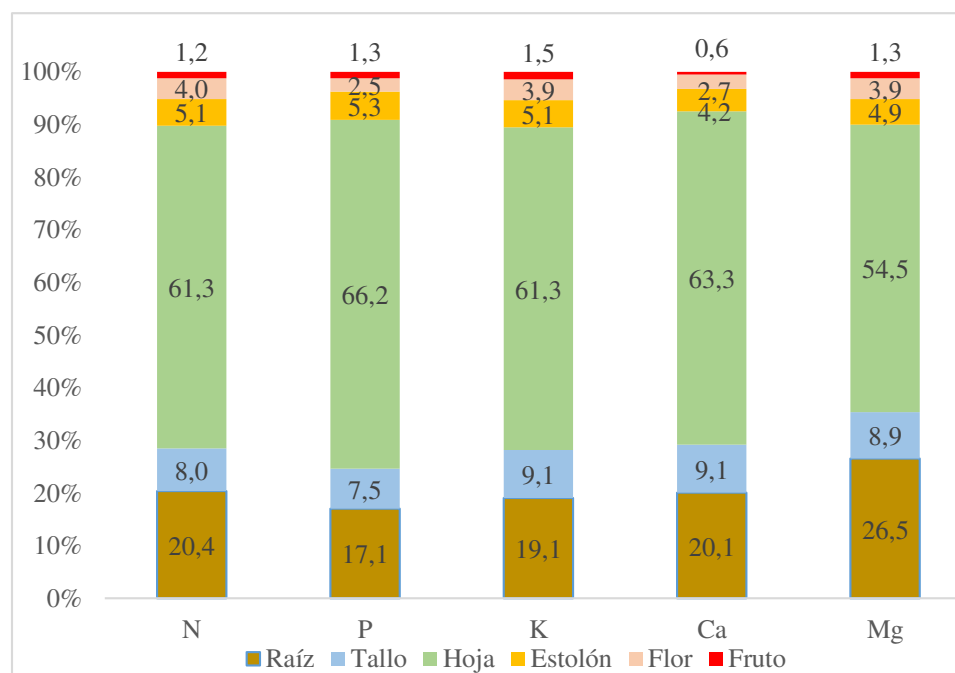
DDT	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio	
	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac
30	15,04	15,04	14,33	14,33	11,40	11,40	12,79	12,79	12,93	12,93
60	24,47	39,51	18,78	33,11	26,65	38,05	31,92	44,71	27,50	40,43
90	30,07	69,58	38,39	71,50	29,93	67,98	29,38	74,09	30,22	70,65
120	30,42	100,00	28,50	100,00	32,02	100,00	25,91	100,00	29,35	100,00

Nota. Rel= Frecuencia relativa, Ac= Frecuencia acumulada

Al tener los valores totales de la absorción de nutrientes por órgano, se obtuvieron los porcentajes de acumulación de nutrientes en plantas de frutilla var Monterrey, donde se puede observar que la hoja y la raíz fueron los dos órganos de la planta que presentaron la mayor acumulación de cada nutriente.

**Figura 13**

*Acumulación porcentual de nutrientes en cada parte de la planta de frutilla var. Monterrey con fertilización micro carbono*



Nota. Los datos fueron tomados durante 120 días del cultivo de frutilla

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

En la tabla 17, se detallan las cantidades extraídas en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de los principales nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) por cada órgano de la planta hasta los 120 días del cultivo de frutilla var. Monterrey, con el T2, correspondiente a la fertilización convencional.

La dinámica de absorción total se presentó de la siguiente manera:  $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{P} > \text{Mg}$ , mismo que se repite en hoja y flor. En raíz, tallo, la absorción de nutrientes se realiza de la siguiente manera:  $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{P}$ ; en estolón  $\text{N} > \text{K} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Ca}$  y en el fruto la absorción se presentó de la siguiente manera:  $\text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Ca}$ .

La hoja es la principal zona de acumulación de nutrientes, principalmente de nitrógeno ( $117.79 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y potasio ( $70.66 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

**Tabla 17**

Absorción total de nutrientes ( N, P, K, Ca, Mg) en kg.ha<sup>-1</sup> por órgano de la planta durante 120

DDT, con el T2 (CONV)

Parte de la planta	N	P	K	Ca	Mg	$\bar{X}$
			kg.ha <sup>-1</sup>			
Raíz	51.19	11.33	25.77	14.01	12.67	22.09
Tallo	14.5	3.73	11.61	7.69	3.73	8.25
Hoja	117.79	39.86	70.66	50.93	27.15	61.28
Estolón	7.44	2.49	5.09	2.05	2.17	3.85
Flor	6.20	1.85	4.22	2.06	1.77	3.22
Fruto	1.75	0.54	1.46	0.48	0.57	0.96
Total	198.88	59.80	118.81	77.23	48.07	100.05

La Tabla 18 muestra las frecuencias de acumulación (relativa y acumulada) del total de absorción en porcentaje de los elementos (N, P, K, Ca, Mg), en plantas de frutilla var. Monterrey durante 120 días de cultivo, con fertilizantes convencionales (CONV).

El Nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, nos muestra una acumulación constante durante todo el ciclo, siendo la más alta a los 120DDT con el 30.84% (N), 35.73% (K),31.09% (Ca) y 32.10% (Mg). Mientras en el fósforo la mayor acumulación es a los 90 DDT con el 33.78%, reduciéndose a los 120 días a 28.11 %.

**Tabla 18**

*Acumulación relativa de N, P K, Ca, Mg en frutilla var. Monterrey con fertilizantes convencionales (CONV) durante 120 DDT*

DDT	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio	
	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac
30	15,29	15,29	16,22	16,22	12,82	12,82	13,02	13,02	11,51	11,51
60	23,15	38,44	21,89	38,11	21,37	34,20	24,98	38,00	25,32	36,83
90	30,71	69,16	33,78	71,89	30,08	64,27	30,91	68,91	31,07	67,90
120	30,84	100,00	28,11	100,00	35,73	100,00	31,09	100,00	32,10	100,00

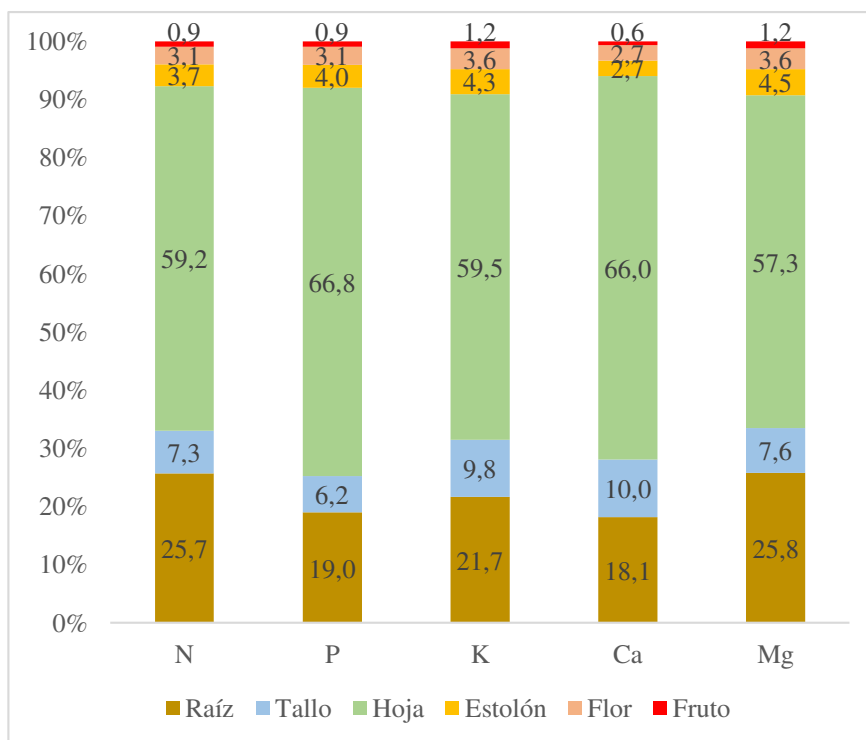
Nota. Rel= Frecuencia relativa, Ac= Frecuencia acumulada

Al final del ciclo de cultivo, se obtuvieron los valores totales de la absorción de nutrientes de plantas de frutilla var. Monterrey por órgano, y a su vez los porcentajes de acumulación de los nutrientes.

Se destacando a la hoja y la raíz como las dos principales partes de la planta con mayor acumulación de nutrientes se presentó (Figura 14).

**Figura 14**

*Acumulación porcentual de nutrientes por cada parte de la planta de frutilla var. Monterrey con fertilización convencional (T2).*



Nota. Los datos fueron tomados durante 120 días del cultivo de frutilla

### **Relación Del Crecimiento Y Absorción De N, P K, Ca, Mg**

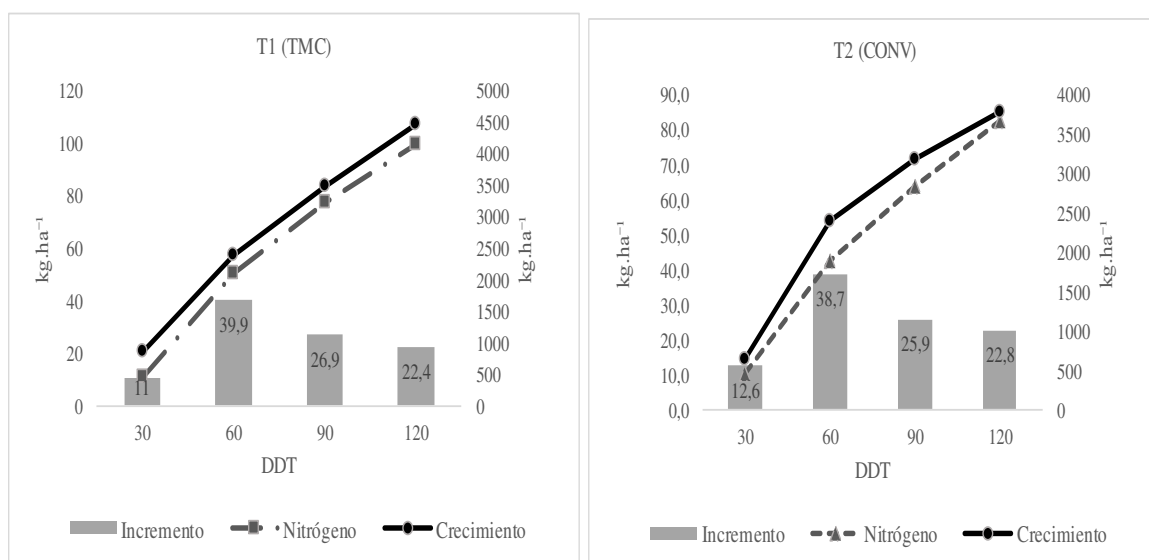
#### **Nitrógeno**

En la figura 15, se muestra la relación entre la absorción de nitrógeno total y el crecimiento del cultivo durante 120 días, tanto para el T1 con fertilizantes líquidos como para el T2 de fertilizantes convencionales, se observa que el crecimiento mantiene un incremento constante durante el ciclo.

La mayor demanda de nitrógeno es a los 60 días, ya que en esta fecha se presenta el incremento más alto de absorción de este elemento (T1;39.9%, T2:38.7%); pasando de 10.70 a 50.47 kg.ha<sup>-1</sup> en el T1 y de 10.42 a 42.33 kg.ha<sup>-1</sup> en el T2 (Figura 15).

**Figura 15**

*Curva de relación entre el crecimiento de la planta y la extracción total de nitrógeno en frutilla var. Monterrey desarrollado bajo dos fertilizantes. T1: Tecnología micro carbono (TMC), T2: Convencionales (CONV)*



Nota. Los valores dentro de las barras, representan el porcentaje de incremento de acumulación de nutrientes.

### Fósforo

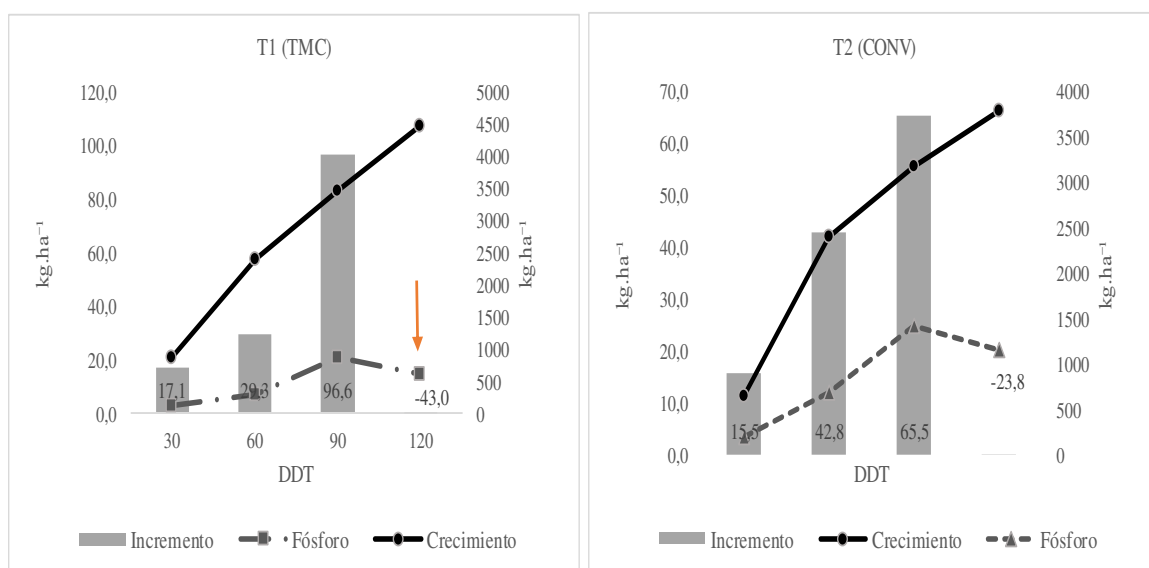
La figura 16 muestra la dinámica entre el crecimiento de las plantas de frutilla y la acumulación de fósforo en los distintos tratamientos, se observa que el crecimiento aumenta en cada etapa de desarrollo, la mayor demanda de fósforo, se presentó a los 90 días, donde el T2 acumuló el 65.5% de este elemento y el T1: 96.6%; coincidiendo con la época de inicio de floración.

Por otro lado, a los 120 días la acumulación del fósforo reduce su incremento en el T1 - 43% y en el T2-23.8%.



**Figura 16**

Curva de relación entre el crecimiento de plantas de en frutilla var. Monterrey y la extracción total de fósforo, desarrollado bajo dos fertilizantes. T1: Tecnología micro carbono (TMC), T2: Convencionales (CONV)



Nota. Los valores dentro de las barras, representan el porcentaje de incremento de acumulación de nutrientes.

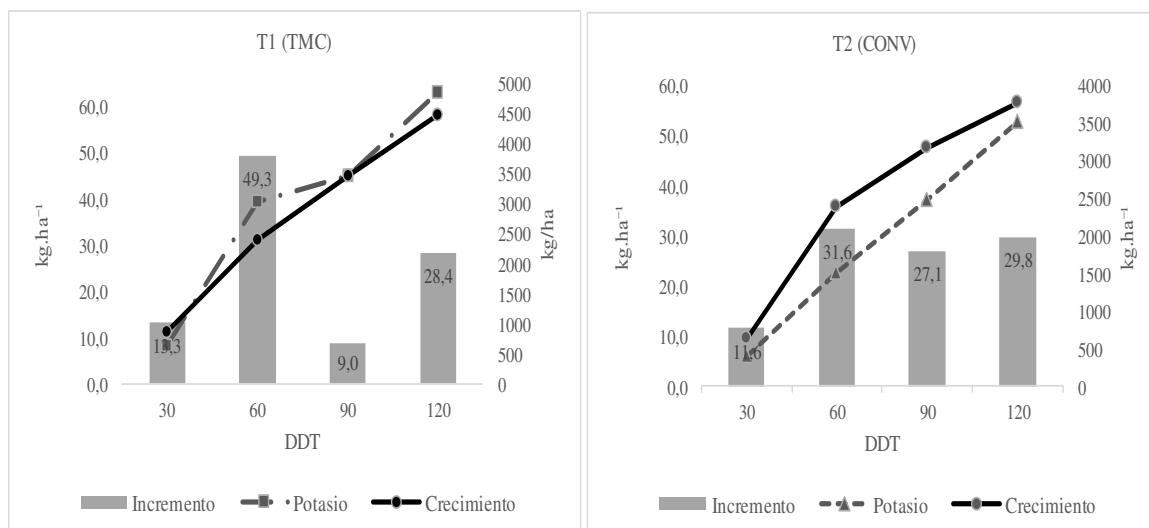
### Potasio

La figura 17 muestra la dinámica entre el crecimiento total de plantas de frutilla y la absorción de potasio durante 120 días.

La mejor época de aplicación de potasio es a los 60 días de cultivo, pues es donde se presenta mayor absorción de este elemento en los dos tratamientos (T1:49.3%, T2:31.6%), seguido de los 120 días donde se evidencia que la acumulación de potasio en el tratamiento 1 es de 28.4% y en el T2 el incremento de acumulación es de 29.8% (Figura 17).

**Figura 17**

Curva de relación entre el crecimiento de plantas de frutilla var. Monterrey y la extracción total de potasio, desarrollado bajo dos fertilizantes. T1: Tecnología micro carbono (TMC), T2: Convencionales (CONV)



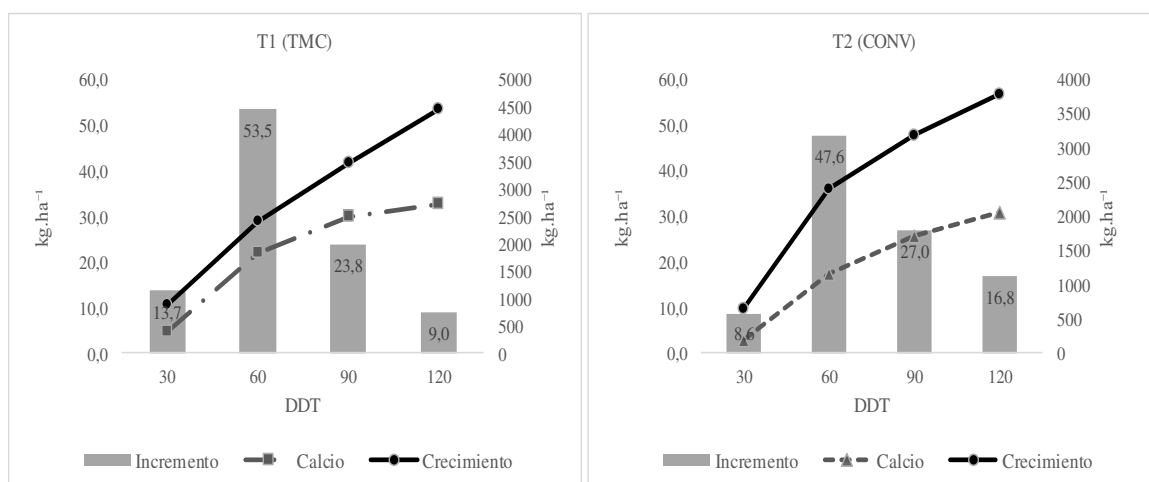
Nota. Los valores dentro de las barras, representan el porcentaje de incremento de acumulación de nutrientes.

### Calcio

Como se muestra en la figura 18, se presenta la dinámica entre la curva de crecimiento y la curva de acumulación de nutrientes tanto para el T1 (TMC) como en el T2 (CONV) mayor incremento de absorción de calcio se presenta a los 60 días (T1:53.5%, T2:47.6%), época en donde se debe realizar la fertilización, seguido de los 90 días después del trasplante donde el T1 incrementó un 23.8% y en el T2 su incremento fue de 16.8% (Figura 18).

**Figura 18**

Curva de relación entre el crecimiento de plantas de frutilla var. Monterrey y la extracción total de calcio, desarrollado bajo dos fertilizantes. T1: Tecnología micro carbono (TMC), T2: Convencionales (CONV)



Nota. Los valores dentro de las barras, representan el porcentaje de incremento de acumulación de nutrientes.

### Magnesio

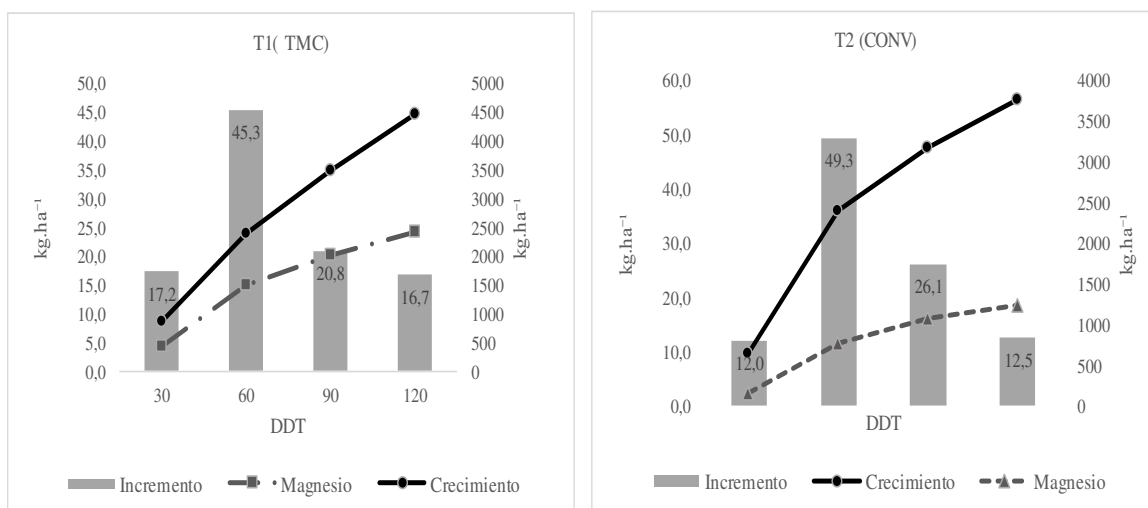
La figura 19 muestra la relación entre el crecimiento de plantas de frutilla y la acumulación de magnesio, durante 120 días de desarrollo del cultivo.

El mayor incremento de absorción se presenta a los 60 días en los dos tratamientos (T1:45.3%, T249.3%), siendo esta la época de mejor aplicación de magnesio.

A los 90 días la absorción de calcio tuvo un incremento del 20.8% y 26.1% en el T1 y T2 respectivamente (Figura 19).

**Figura 19**

Curva de relación entre el crecimiento de plantas de frutilla var. Monterrey y la extracción total de magnesio, desarrollado bajo dos fertilizantes. T1: Tecnología micro carbono (TMC), T2: Convencionales (CONV)



Nota. Los valores dentro de las barras, representan el porcentaje de incremento de acumulación de nutrientes.

### Largo De Raíz

El largo de raíz a los 30 días no muestra diferencia estadística ( $p=0.0533$ ); esto cambia a partir de los 60 días hasta los 120 días de cultivo ( $p<0.05$ ) donde se evidencia que el tratamiento 1 (TMC) muestra promedios superiores (Tabla 19).

**Figura 20**

*Largo de raíz a los 120 días de los diferentes tratamientos (T1:izquierda, T2:derecha)*

**Tabla 19**

*Promedio  $\pm$  error estándar largo de la raíz (cm) en el período de cultivo de frutilla var. Monterrey*

Tratamiento	30DDT	60DDT	90DDT	120DDT
T1 (TMC)	18.92 $\pm$ 0.56	21.66 $\pm$ 0.42 a	22.91 $\pm$ 0.53 a	25.43 $\pm$ 0.58 a
T2 (CONV)	16.76 $\pm$ 0.56	18.14 $\pm$ 0.42 b	20.42 $\pm$ 0.53 b	22.68 $\pm$ 0.58 b
p- valor	0.0533	0.0042	0.0290	0.0281

Nota. Medias de una columna que presentan letras distintas, son significativamente diferentes

(Duncan;  $p \leq 0.05$ )

### **Peso Fresco De Hojas**

El peso fresco se tomó cada 30 días, durante 120 días. A los primeros 30 días no se observan diferencias estadísticas ( $p=0.2640$ ). Mientras que a partir de los 60 días en adelante la diferencia de peso es más evidente ( $p<0.05$ ), siendo el tratamiento 1 (TMC) el que mayor peso fresco acumula (Tabla 20).

**Tabla 20**

*Promedio  $\pm$  error estándar del peso fresco de hojas (gr) durante el período de cultivo de frutilla var. Monterrey*

Tratamiento	30DDT	60DDT	90DDT	120DDT
T1 (TMC)	9.41 $\pm$ 0.39	28.22 $\pm$ 0.82 a	49.90 $\pm$ 1.15 a	59.85 $\pm$ 1.65 a
T2 (CONV)	8.68 $\pm$ 0.39	24.37 $\pm$ 0.42 b	44.98 $\pm$ 1.15 b	53.03 $\pm$ 1.65 b
p- valor	0.2640	0.0292	0.0386	0.0429

Nota. Medias de una columna que presentan letras distintas, son significativamente diferentes

(Duncan;  $p \leq 0.05$ )

### Número De Hojas Y Flores

La tabla 21 muestra el promedio del número de hojas y flores durante el ciclo de cultivo de frutilla var. Monterrey. Se observa que el número de hojas, a los 30 (T1: 6.09, T2:5.13) y 60 DDT (T1: 7.94, T2:6.75), no presenta diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ), sin embargo, a los 90 días ( $p = 0.0182$ ) el número de hojas es de  $9.04 \pm 0.29$  y  $7.45 \pm 0.29$  para el T1 y T2 respectivamente, aumentando a 11.42 y 10.08 a los 120 días ( $p = 0.0057$ ).

El primer conteo de la floración, se realizó a los 90 días en ambos tratamientos, dándonos una diferencia significativa; T1 ( $7.66 \pm 0.24$ ) y T2 ( $5.79 \pm 0.24$ ), al igual que en el segundo conteo de flores realizado a los 120 días existe una diferencia estadística, aunque se evidenció una reducción en el número de flores T1( $6.62 \pm 0.06$ ) y T2 ( $5.46 \pm 0.06$ ) (Tabla 21).

**Figura 21**

*Plantas de frutilla Var Monterrey de los diferentes tratamientos*

**Tabla 21**

*Promedio  $\pm$  error estándar del número hojas y flores durante el período de cultivo de frutilla var.*

*Monterrey*

<b>Número de hojas en plantas de frutilla var. Monterrey</b>				
Tratamiento	<b>30ddt</b>	<b>60ddt</b>	<b>90ddt</b>	<b>120ddt</b>
T1 (TMC)	6.09 $\pm$ 0.28	7.34 $\pm$ 0.16	9.04 $\pm$ 0.29a	11.42 $\pm$ 0.17a
T2 (CONV)	5.13 $\pm$ 0.28	6.75 $\pm$ 0.16	7.45 $\pm$ 0.29b	10.08 $\pm$ 0.17b
p- valor	0.0706	0.0573	0.0182	0.0057
<b>Número de flores por planta de frutilla var. Monterrey</b>				
T1 (TMC)	-	-	7.66 $\pm$ 0.24a	6.62 $\pm$ 0.06a
T2 (CONV)	-	-	5.79 $\pm$ 0.24b	5.46 $\pm$ 0.06b
p-valor			0.0050	0.0002

Nota. Medias de una columna que presentan letras distintas, son significativamente diferentes

(Duncan;  $p \leq 0.05$ )

### Grados Brix (°Br) Tamaño Del Fruto

Se encontraron diferencias estadísticas en el peso del fruto ( $p=0.045$ ), diámetro polar ( $p=0.0067$ ), diámetro ecuatorial ( $p=0.015$ ) y °brix ( $p=0.0001$ ), siendo el T1 (TMC) el tratamiento que obtuvo los promedios más altos estadísticamente, como se detalla en la Tabla 22.

### Figura 22

*Toma de medidas del diámetro polar*



**Tabla 22**

*Promedio  $\pm$  error estándar del peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, °Brix, durante el período de cultivo de frutilla var. Monterrey*

Tratamiento	Peso del fruto (g)	Diámetro polar (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	°Brix
T1 (TMC)	25.56 $\pm$ 1.78 a	4.34 $\pm$ 0.13a	3.63 $\pm$ 0.15 a	7.88 $\pm$ 0.33 a
T2 (CONV)	20.56 $\pm$ 1.78 b	3.81 $\pm$ 0.13 b	3.05 $\pm$ 0.15 b	4.76 $\pm$ 0.33 b
p- valor	0.0456	0.0067	0.0150	0.0001

Nota. Medias de una columna que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (Duncan;  $p \leq 0.05$ )



**Figura 23**

*Medición de grados brix de frutos de frutilla por tratamiento*



### **Discusión**

El crecimiento de las plantas de frutilla var. Monterrey, fue aumentando a partir de los 30 días hasta los 120DDT. La raíz mostró un aumento de materia seca constante en los dos tratamientos (T1: 3038 kg.ha<sup>-1</sup>, T2:2781 kg.ha<sup>-1</sup>) aunque a los 90 días no tiene mayor incremento en el crecimiento, coincidiendo con la etapa de floración, por su parte, Kirschbaum, *et al* (2012, p. 16255) menciona que la raíz es un órgano de reserva de carbohidratos y minerales, mismos que se movilizan a las flores y frutos en el momento que inicia su crecimiento; de tal manera, la disminución del crecimiento esta relacionada al movimiento de reservas para la producción floral. El tallo (T1: 1011 kg.ha<sup>-1</sup>, T2:874 kg.ha<sup>-1</sup>) al ser un órgano secundario de reserva en comparación con las raíces, presenta una menor biomasa y menor acumulación de carbohidratos y minerales (Kirschbaum et al., 2012, p. 16255)

El órgano que mayor crecimiento presenta es la hoja, llegando a los 120 días con 2503 kg.ha<sup>-1</sup> en el T1 y 2171 kg.ha<sup>-1</sup> en el T2, esto es debido al adecuado empleo de nutrientes, Medeiros, *et al.* (2015) afirman que este aspecto influye en la capacidad fotosintética de las hojas y a su vez en la producción de biomasa en la misma (p. 867).

El estolón reduce su crecimiento a los 90 días, época en la cual se podaron para dar paso a la floración, y evitar la limitación del desarrollo de follaje (Morales *et al.*, 2017, pp. 11–23). De igual manera las flores reducen su crecimiento a los 120 días, debido a que en ese tiempo se presenta la fructificación.

Las curvas de extracción de nutrientes, están relacionadas con la curva de crecimiento de la planta, esto es igual a lo mencionado por Molina, *et al.* (1993, pp. 63–73) quien dice que a mayor acumulación de materia seca, mayor es la absorción de elementos. La absorción de nitrógeno se ve influenciada por la intensidad lumínica, por lo que llega a ser consumido en grandes cantidades por las plantas para formar órganos reproductivos y vegetativos, (M. Rodríguez y Flórez, 2004, pp. 25–34). Este elemento presenta la mayor absorción (T1:228.40 kg.ha<sup>-1</sup>, T2:198.88 kg.ha<sup>-1</sup>), al igual que Molina *et al.* (1993, pp. 63–73) en el cultivar Chandler y Rodríguez (2017, p. 124) en Festival; difiriendo de lo encontrado por Sánchez (2017, pp. 43–80) en Albion, donde el nitrógeno es el segundo (Rodríguez & Flórez, 2004, pp. 25–34) elemento más absorbido.

El fósforo es el cuarto elemento más absorbido en el tratamiento con fertilizantes convencionales (T2) (Sánchez, 2017, pp. 43–80); y el quinto en los fertilizantes micro carbono (T1) al igual que (Vega & Salas, 2012, p. 28) en el cultivo de sandía. La absorción de fósforo es mayor en el T2 (59.80 kg.ha<sup>-1</sup>) que en el T1 (44.56 kg.ha<sup>-1</sup>). Sanguino (1961, p. 196) menciona que el H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> es la forma más asimilable de fósforo por las plantas, mientras que el fósforo aplicado en el T1 es H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> del tal manera que se debe liberar un hidrógeno par ser más

asimilable, sin embargo los niveles de fósforo en ambos tratamientos estuvieron dentro del rango (0.25-0.35%) por lo que no presentan deficiencia.

Hirzel (2012, p. 39) menciona que el fósforo es esencial en el crecimiento y floración, a los 90 días se presentó la primera floración y de igual manera, el mayor incremento de este elemento (T1: 96.6%, T2: 65.5%) con una absorción total de 20.79 24.86kg.ha<sup>-1</sup> y 24.86 24.86 kg.ha<sup>-1</sup> en el T1 y T2 respectivamente, reduciendo este valor a los 120 días (T1: 14.5 2 y T2: 20.09kg.ha<sup>-1</sup>). Este comportamiento de absorción es similar al estudio realizado por Molina *et al.* (1993, pp. 63–73) y Hirzel (2012, p. 39) hasta los 90 días ya que a los 120 días no se redujo.

El potasio es es segundo elemento más absorbido (T1: 155.98 kg.ha<sup>-1</sup>, T2: 118.81 kg.ha<sup>-1</sup>), la curva de potasio en la variedad evaluada presentó incrementos de absorción durante todo el ciclo, al igual que Molina *et al.* (1993, pp. 63–73) en la variedad Chandler, además se destaca la absorción de K en el fruto en el T1 con fertilizantes micro carbono (2.32 kg.ha<sup>-1</sup>) al igual que la mayor acumulación de grados brix (T1:7.88, T2: 4.76), y diámetro polar (T1: 4.34, T2: 3.81), este último resultado es similar a lo obtenido por Llumiyinga (2017, p.31), en frutilla var. Albión; bajo fertilización organo mineral (TMC) donde obtuvo un promedio de largo de fruto de 4.24cm. De esta forma se evidencia que la presencia de potasio e el fruto se refleja en el contenido de azúcares y aroma (Rodríguez y Flórez, 2004, p. 28; Tagliavini *et al.*, 2004, p. 198).

El calcio es el tercer elemento más absorbido, al igual que Sánchez (2017), el mayor incremento de absorción se presenta a los 60 días (T1: 53.5%, T2:47.6%) época de crecimiento de estolones, seguido de los 90 días (T1:23.8% , T2:27% ), Demirsoy *et al.*(2010, p. 29) menciona que el calcio, tiene a aumentar en la etapas de crecimiento

vegetativo (60- 90días) sin embargo, la concentración de este elemento en la planta depende de la transpiración, pues este mecanismo favorece su movilización, es por eso que el contenido de calcio en flores (T1:2.42, T2:2.06) y frutos (T1:0.52 , T2:0.48 ) no es tan notorio como en otras partes de la planta. Pese a su carácter poco móvil, el total acumulado de calcio fue de 89.22 kg/ha en el T1 (TMC) y de 77.23 kg/ha en el T2 (CONV). En ambos tratamientos, se observa que la absorción de nutrientes aumenta a la par del crecimiento, este resultado concuerda con Sánchez (2017, pp. 43–80) y difiere de Molina *et al.*, (1993, pp. 63–73) en frutilla Chandler y Demirsoy *et al.*(2010, p. 29), en Sweet Charlie donde se presenta una baja absorción hasta los 90 días, estabilizandose a partir de los 158 días.

El magnesio, fue el cuarto elemento mas absorbido con los fertilizante TMC (63.3 kg/ha) y el quinto con fertilización convencional (48.07 kg/ha), el comportamiento de absorción con fertilizantes convencionales, es similar al encontrado por Sanchez (2017, pp. 43–80) en la variedades Albión. La hoja es el órgano que presenta mayor acumulación de Mg en ambos tratamientos, esto se debe al contenido de clorofila que poseen, pues este pigmento presenta un átomo central de Mg en su estructura. (Sanchez 2017, pp. 43–80).

Este elemento, presenta un incremento constante durante el ciclo de cultivo, la mayor absorción se presentó a los 120 días para el T1 fue de 24 kg.ha<sup>-1</sup> y 18.4 kg.ha<sup>-1</sup> para el T2, siendo estos valores mayores en comparación con Sanchez (2017, pp. 43–80) quien tuvo 17 kg.ha<sup>-1</sup> en frutilla var. Albión, y que los valores obtenidos por Molina *et al.* (1993, pp. 63–73) en la variedad Chandler donde su absorción fue de 16.5 kg.ha<sup>-1</sup>.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- La absorción nutrimental en el T1 de fertilizantes micro carbono es: N>K>Ca>Mg>P con una acumulación total de 228.4 kg.ha<sup>-1</sup>, 154.5 kg.ha<sup>-1</sup>, 88.44 kg.ha<sup>-1</sup>, 62.06 kg.ha<sup>-1</sup>, 43.34 kg.ha<sup>-1</sup> respectivamente; y en el T2 de fertilizantes convencionales la acumulación es: N>K>Ca>P>Mg con una acumulación de 198.88 kg.ha<sup>-1</sup>, 118.81 kg.ha<sup>-1</sup>, 77.23 kg.ha<sup>-1</sup>, 59.70 kg.ha<sup>-1</sup> y 48.81 kg.ha<sup>-1</sup>.
- El órgano que presenta mayor acumulación de los nutrientes es la hoja seguido de la raíz (en los dos tratamientos). T1 hoja (N: 61%, P:66%, K:61%, Ca: 63%, Mg:54%), T1 raíz (N:20%, P:17%, K:19%, Ca: 20%, Mg: 26%); T2 hoja (N:59%, P:66%, K:59%, Ca: 66, Mg:57%), T2 raíz (N: 25%, P:19%, K:21%, Ca: 18, Mg:25%).
- La relación entre la curva de crecimiento y de absorción, nos indica las épocas de mejor aplicación de los fertilizantes, siendo a los 60 días en N, P, K, Mg y a los 90 días en fósforo.
- Los fertilizantes micro carbono (T1) tiene mayores promedios de absorción de los elementos frente al T2; a excepción del P, debido a que la molécula del producto es H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.
- La aplicación de fertilizantes micro carbono (T1) dio como resultado una mejor acumulación de °brix (7.88°), peso del fruto (25.56 g), diámetro del fruto (polar: 4.34 cm, ecuatorial 3.63 cm), evidenciándose una mejor absorción del potasio en fruto (T1: 2.32 kg.ha<sup>-1</sup>, T2: 1.46 kg.ha<sup>-1</sup>).

#### Recomendaciones

- Realizar estudios de curvas de extracción en las demás variedades de frutilla de mayor interés en el Ecuador.

- Se recomienda realizar la toma de muestras de las plantas con intervalos de tiempo más cortos.
- Se recomienda acidificar el sustrato previo al trasplante para facilitar la movilización del fósforo contenido en los fertilizantes TMC.
- Analizar la absorción nutrimental de frutilla en distintos tipos de sustratos.
- Ajustar las soluciones nutritivas principalmente a los 60 y 90 que son las épocas de mayor absorción.
- Realizar estudios de aplicación de Ca y Mg foliar para mejorar la concentración de estos elementos en fruto.

## Referencias Bibliográficas

- Agro Solutions. (2016). *Albit*. Sobre Albit. <http://www.albit.es/sobre-albit/#tab-inmunizador>
- Amaya, H. (1998). *Cultivos hidropónicos*.(pp.6-25). EDICIONES culturales V.E.R.
- Angulo, R. (2009). *Fresa Fragaria ananassa* (Univisual).
- Arizona University. (2015). *College of Agriculture and life sciences*. Hydroponic strawberry irrigation:  
[https://cals.arizona.edu/strawberry/Hydroponic\\_Strawberry\\_Information\\_Website/Irrigation.html](https://cals.arizona.edu/strawberry/Hydroponic_Strawberry_Information_Website/Irrigation.html)
- Avellán, L., Calvache, M., & Cabeña, N. (2015). Curvas de absorción de nutrientes por el cultivo del plátano barraganete (*Musa paradisiaca* L.). *TsaFiqui*, 5(2), 17–29.
- Bañados, M., Ávila, B., Bonomelli, C., Figueroa, R., Zaviezo, T., & Grez, J. (2015). *Manual del Cultivo de Frambuesas y Frutillas en Chile* (pp. 8–18). Mi Gráfica
- Barahona, A. (2017). *Curvas de absorción de nutrientes de arroz en diferentes tipos de suelo y ambiente agroecológico* (Issue November 2017). [Tesis de maestría, Universidad de Panamá].
- Bertsch, F. (2009). Absorción de nutrimentos por los cultivos. In *Asociación costarricense de la ciencia del suelo* (1st ed.). Colograf S.A. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Camacho, R. (1987). *Manual práctico de frutales y hortalizas* (TOA (ed.)).
- Castillo, K. (2013). *Estimación de las curvas de crecimiento y extracción nutrimental en el cultivo hidropónico de romero aromático Rosmarinus officinalis* (L). [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León].

- Crespo, E. C., Chulim, Á. C., Javier, L., Rosales, L., Benítez, G. A., & Pineda, J. (2017). Extraction of N-P-K in *Coriandrum sativum* 'Pakistan' in hydroponics. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8, 355–367.
- DigitalGlobe. (2019). IASA Map. Google Earth.
- Demirsoy, L., Demirsoy, H., Ersoy, B., Balci, G., & Kizilkaya, R. (2010). Seasonal variation of N, P, K and Ca content of leaf, crown and root of 'Sweet Charlie' strawberry under different irradiation. *Zemdirbyste*, 97(1), 23–32.
- FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso* (Asociación). Asociación internacional de la industria de los fertilizantes. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.1993.tb03018.x>
- FAO. (2018). *FAOSTAT*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- FPCO. (2018). *Leonardita, ¿el abono del futuro?* Fundación Patrimonio Comunal Olivarero. <https://www.patrimoniolivarero.com/leonardita-el-abono-del-futuro/>
- García, E., Pineda, J., Castillo, A., Trejo, L., Corona, T., & Cervantes, E. (2014). Extracción nutrimental en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3), 519–524.
- Hirzel, J. (2012). Fertilización en frutilla. In *Manual de Frutilla* (pp. 35–45). INIA.
- Humagro. (2015). *Tecnología de Micro Carbono*. <http://www.humagro.es/tecnologia-micro-carbono/>
- Kirschbaum, D., & Borquez, A. (2006). Nutrición mineral de la frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch). In *III Simposio nacional do morango II Encontro sobre pequenas frutas e Frutas nativas do*



*Mercosul* (Issue November 2006).

Kirschbaum, D. S., Larson, K. D., Weinbaum, S. A., & Dejong, T. (2012). Patrón de acumulación de carbohidratos no estructurales totales en las plantas de fresa corredor y su influencia en el crecimiento vegetal y la producción de fruta. *African Journal of Biotechnology*, *11*(96), 16253–16262.

Llahuen. (2017). *Plantas de Frutilla*. Grupo Llahuen. <https://www.llahuen.com/monterey>

LLumiquinga, P. (2017). *Evaluación de fertilización mineral y órgano mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla *Fragaria ananassa* (Weston) Duchense; variedad albión*. [Trabajo de grado, Universidad Central del Ecuador].

Martínez, P.-F., & Roca, D. (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. In *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo* ( pp. 37–77).

Medeiros, R. F., Pereira, W. E., & Rodrigues, R. D. M. (2015). Growth and yield of strawberry plants fertilized with nitrogen and phosphorus. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, *19*(9), 865–870.

Mite, F., Carrillo, M., Espinosa, J., Brown, P. H., Hu, H., & Sancho, H. (1999). Influencia de la fertilización y el riego sobre el desarrollo, nutrición y rendimiento de la palma africana en ecuador. *International Plant Nutrition Institute (IPNI)*, *36*(36), 16.

Molina, E., Salas, R., & Castro, A. (1993). Curva de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananassa* cv. Chandler) en Alajuela. *Agronomía Costarricense*, *17*(1), 67–73.

Morales, C., Pedreros, A., & Riquelme, J. (2017). Manual de manejo agronómico de la frutilla. In

Inia (Vol. 17). <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/17 Manual Frutilla.pdf>

ONUDI. (2015). *Cultivo de Frutilla* (A. Correa & L. Alarcón (eds.)).

Pire Cordero, R., & Pereira, A. (2003). Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del Estado Lara, Venexuela: propuesta metodológica. *Bioagro*, 15(1), 55–63.

Quishpe, J. (2013). *Evaluación de la respuesta de la frutilla (Fragaria dioica.) al sistema de cultivo semihidropónico en el Quinche- Pichincha 2012*. [Trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana].

Ramírez, F., Bertsch, F., & Mora, L. (2002). Consumo de nutrientes por los frutos y bandolas de café Caturra durante un ciclo de desarrollo y maduración en Aquiares, Turrialba, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 26(1), 33–42.

Rodríguez, J. (2017). *Elaboración de curvas de crecimiento y absorción del cultivo de fresa (Fragaria ananassa cv. Festival) En Fraijanes, Costa Rica*. [Tesis de grado, Universidad de Costa Rica].

Rodríguez, M., & Flórez, V. (2004). Elementos esenciales y beneficiosos. In J. Guzmán & J. López (Eds.), *Ferti riego: Tecnologías y programación en agroplasticultura* (pp. 25–35). CYTED.

Román, S. (2001). *Libro azul, Manual básico de fertirriego*. Soquimich Comercial S.A.

Sadzawka, A., Carrasco, M., Grez, R., Mora, M., Flores, H., & NEaman, A. (2006). Metodos de análisis recomendados para lo suelos de Chile. *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*, 164.

- Sampeiro, G. (1997). *Hidroponía Básica*. (1era ed). Diana.
- Sánchez, P. C. (2017). *Determinación de las curvas de crecimiento de nutrientes en la variedad Albion de fresa (Fragaria annanassa) para establecer los requerimientos nutricionales de las plantaciones desarrolladas en la zona de Fraijanes, cantón central de Alajuela*. [Tesis de grado, Universidad de Costa Rica].
- Sanguino, E. (1961). *Influencia del pH sobre la fijación de fósforo y su relación con la respuesta del maíz a la fertilización fosfatada* (Vol. 11). [Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia].
- Tagliavini, M., Baldi, E., & Nestby, R. (2004). Uptake and partitioning of major nutrients by strawberry plants Uptake. *Acta Horticulturae*, 649(36), 197–200.
- Taipe, S. (2018). *Respuesta de dos variedades de rosa a la aplicación de dos fuentes de fertilización soluble: Convencional y Tecnología micro carbono en Rumuñaahui, Pichincha*. [Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas].
- Undurraga, P., & Vargas, S. (2013). Manual de frutilla. In *Boletín INIA* (Vol. 262).
- Vargas, J. (2012). *Extracción nutrimental de jitomate (Solanum lycopersicum L.) en diferentes mezclas de sustratos Title*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chapingo].
- Vega, E., & Salas, R. (2012). Cuvas de absorción nutrimental bajo dos métodos de fertilización en sandía, en Guanacaste, Costa Rica. *Intersedes*, 12(26), 21–46.