



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Curvas de Extracción de N, P, K, Ca y Mg, en el cultivo de *Fragaria x ananassa* fertilizado con Tecnología micro carbono (TMC) y fertilización convencional.**

Carrillo Rojas, Francisco Javier

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal

27 de enero de 2022



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

**Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación: **"Curvas de Extracción de N, P, K, Ca y Mg, en el cultivo de *fragaria x ananassa* fertilizado con Tecnología micro carbono (TMC) y fertilización convencional"** fue realizado por el señor **Carrillo Rojas, Francisco Javier**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 24 de enero de 2022**



**Landázuri Abarca, Pablo Anibal**

**C. C 170826234-8**



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

### Responsabilidad de Autoría

Yo, **Carrillo Rojas, Francisco Javier**, con cédula de ciudadanía n° 172372322-5, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Curvas de Extracción de N, P, K, Ca y Mg, en el cultivo de *fragaria x ananassa* fertilizado con Tecnología micro carbono (TMC) y fertilización convencional** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 24 de enero de 2022

Firma

**Carrillo Rojas, Francisco Javier**

C.C.: 172372322-5



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

**Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

**Autorización de Publicación**

Yo, **Carrillo Rojas, Francisco Javier**, con cédula de ciudadanía n° 172372322-5, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Curvas de Extracción de N, P, K, Ca y Mg, en el cultivo de *fragaria x ananassa* fertilizado con Tecnología micro carbono (TMC) y fertilización convencional en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.**

**Sangolqui, 24 de enero de 2022**

Firma

**Carrillo Rojas, Francisco Javier**

C.C: 172372322-5

## Reporte de verificación de similitud de contenidos



Word para revision en programa - Carrillo Francisco.docx

Scanned on: 0:54 January 26, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text



PAREJO ABTUAL  
LARGADIZO  
ABRACA

Identical Words	443
Words with Minor Changes	96
Paraphrased Words	202
Omitted Words	0

### **Dedicatoria**

A mis padres Francisco y Ana quienes, con su amor, paciencia y sobre todo esfuerzo me permitieron llegar a cumplir un sueño, gracias por sus ejemplos de esfuerzo, valentía, perseverancia y coraje, de no temer las adversidades y siempre brindarme una palabra de apoyo y aliento.

A mis hermanas Jimena y Patricia y mis cuñados Marco y Renato por su apoyo incondicional, durante todo este proceso, por brindarme sus palabras de aliento en todo momento. A toda mi familia porque con sus deseos, consejos y palabras me permitieron buscar ser una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar mi proyecto de titulación a todos mis amigos y amigas, por brindarme su apoyo cuando más la necesitaba, y por extenderme su mano en los momentos difíciles y complicados.

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer a Dios por permitirme culminar mi carrera.

A mis padres por su apoyo incondicional en las etapas de mi vida, guiándome y brindándome su aliento para llegar hasta donde estoy ahora.

Al ingeniero Pablo Landázuri, mi tutor en esta etapa, ya que con su ayuda y guía tanto académica como personal, fue posible realizar este trabajo de investigación.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, en especial a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA 1, por brindarme los conocimientos para convertirme en un profesional.

A la empresa BioHumanetics, en especial a los ingenieros Andrés Almeida y Boris Zurita por brindarme el apoyo y confianza para la realización de este proyecto.

A mis amigos, compañeros y una persona especial en mi vida Liz, quienes con sus consejos y palabras me ayudaron a creer en mí y a perseguir este sueño hasta completarlo.

## Índice de Contenidos

Carátula .....	1
Certificación.....	2
Responsabilidad de Autoría .....	3
Autorización de Publicación.....	4
Reporte de verificación de similitud de contenidos .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento .....	7
Índice de Contenidos.....	8
Resumen .....	18
Abstract .....	19
Capítulo 1.....	20
Introducción .....	20
Antecedentes.....	20
Justificación .....	21
Objetivos.....	24
<i>Objetivo General</i> .....	<b>24</b>
<i>Objetivos Específicos</i> .....	<b>24</b>
Hipótesis .....	24
Capítulo 2.....	25

Revisión de Literatura .....	25
Generalidades de la frutilla.....	25
<i>Características Morfológicas y taxonómicas</i> .....	<b>25</b>
Variedades de frutilla.....	26
<i>Variedades a utilizar de frutilla</i> .....	<b>26</b>
<i>Albión</i> .....	<b>26</b>
<i>San Andreas</i> .....	<b>27</b>
Condiciones agroclimáticas.....	27
<i>Temperatura</i> .....	<b>27</b>
<i>Humedad relativa</i> .....	<b>28</b>
Condiciones edáficas.....	28
Requerimientos nutricionales del cultivo .....	28
<i>Macronutrientes</i> .....	<b>29</b>
Fertilizante.....	30
Tecnología Micro Carbono (TMC) .....	30
Leonardita.....	31
Productos con tecnología Micro Carbono (TMC) .....	32
<i>Super Nitro</i> .....	<b>32</b>
<i>Phos – Max</i> .....	<b>32</b>
<i>Super K</i> .....	<b>32</b>

<i>Calcium</i> .....	<b>33</b>
<i>44 Mag</i> .....	<b>33</b>
<i>Iron</i> .....	<b>33</b>
<i>Manganese</i> .....	<b>33</b>
<i>Z – Max</i> .....	<b>34</b>
<i>Boron</i> .....	<b>34</b>
<i>Sulfur</i> .....	<b>34</b>
<i>Copper</i> .....	<b>34</b>
<i>Comol</i> .....	<b>34</b>
<b>Curvas de Extracción</b> .....	<b>35</b>
<b>Curvas de Crecimiento</b> .....	<b>35</b>
<b>Capítulo 3</b> .....	<b>36</b>
<b>Metodología</b> .....	<b>36</b>
<b>Ubicación del lugar de investigación</b> .....	<b>36</b>
<b>Ubicación Geográfica</b> .....	<b>36</b>
<b>Manejo del suelo previo a la siembra</b> .....	<b>37</b>
<b>Análisis de Agua de Riego</b> .....	<b>38</b>
<b>Manejo del Cultivo</b> .....	<b>39</b>
<b>Riego</b> .....	<b>40</b>
<b>Solución Nutritiva</b> .....	<b>41</b>

	11
<i>Podas</i> .....	<b>42</b>
Diseño Experimental .....	43
Variables de Estudio.....	44
<i>Curvas de crecimiento</i> .....	<b>44</b>
<i>Determinación de nitrógeno por medidor de clorofila</i> .....	<b>45</b>
<i>Determinación de K, Ca, Mg por absorción atómica y fósforo</i> .....	<b>45</b>
<i>Extracción total y Frecuencias de absorción</i> .....	<b>46</b>
<i>Relación del crecimiento y absorción</i> .....	<b>46</b>
Análisis Estadístico .....	47
Capítulo 4.....	50
Resultados .....	50
Curvas de Crecimiento .....	50
Curvas de Absorción de Nutrientes .....	54
<i>Nitrógeno</i> .....	<b>54</b>
<i>Fósforo</i> .....	<b>56</b>
<i>Potasio</i> .....	<b>59</b>
<i>Calcio</i> .....	<b>62</b>
<i>Magnesio</i> .....	<b>65</b>
Extracción Total.....	68
<i>Fertilización Líquida (TMC)</i> .....	<b>68</b>

<i>Fertilización convencional o técnica (CONV)</i> .....	74
<b>Relación del Crecimiento y Absorción de N, P, K, Ca, Mg</b> .....	79
<i>Nitrógeno</i> .....	79
<i>Fósforo</i> .....	80
<i>Potasio</i> .....	81
<i>Calcio</i> .....	83
<i>Magnesio</i> .....	85
<b>Longitud de Raíz</b> .....	87
<b>Peso Fresco de Raíz, Tallo, Hojas, Flores</b> .....	87
<i>Raíz</i> .....	87
<i>Tallo</i> .....	88
<i>Hojas</i> .....	89
<i>Flores</i> .....	89
<b>Número de Tallos, Hojas, Flores</b> .....	90
<b>Discusión</b> .....	92
<b>Capítulo 5</b> .....	97
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	97
<b>Conclusiones</b> .....	97
<b>Recomendaciones</b> .....	98
<b>Bibliografía</b> .....	99

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Rango del nivel nutricional porcentual adecuado en hoja de frutilla.....	30
<b>Tabla 2</b> Resultados de Análisis de Suelo Inicial.....	37
<b>Tabla 3</b> Análisis Físico Químico y Microbiológico de Agua de Riego .....	38
<b>Tabla 4</b> Concentración de la solución para fertilizantes Tecnología Micro Carbono-HUMAGRO y fertilizantes convencionales.....	41
<b>Tabla 5</b> Resultados de Análisis de Suelo Final .....	43
<b>Tabla 6</b> Conformación de tratamientos.....	44
<b>Tabla 7</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de la absorción del nitrógeno total evaluado $((\text{kg}.\text{ha})^{-1})$ a los 30, 60, 90 y 120 DDT.....	55
<b>Tabla 8</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de la absorción de fósforo evaluado $((\text{kg}.\text{ha})^{-1})$ a los 30, 60, 90 y 120 DDT en cada parte de la planta de frutilla .....	57
<b>Tabla 9</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de la absorción de potasio evaluado $((\text{kg}.\text{ha})^{-1})$ a los 30, 60, 90 y 120 DDT en cada parte de la planta de frutilla.....	60
<b>Tabla 10</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de la absorción de calcio evaluado $((\text{kg}.\text{ha})^{-1})$ a los 30, 60, 90 y 120 DDT en cada parte de la planta de frutilla.....	63
<b>Tabla 11</b> Promedio $\pm$ desviación estándar de la absorción de magnesio evaluado $((\text{kg}.\text{ha})^{-1})$ a los 30, 60, 90 y 120 DDT en cada parte de la planta de frutilla.....	66
<b>Tabla 12</b> Absorción total de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) en $((\text{kg}.\text{ha})^{-1})$ por órgano de la planta de frutilla variedad Albión durante 120 DDT con fertilización TMC (T1).....	69
<b>Tabla 13</b> Acumulación relativa de N, P, K, Ca, Mg en frutilla var. Albión con fertilizante micro carbono (TMC) durante 120 DDT (T1).....	70

<b>Tabla 14</b> Absorción total de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) en ((kg.ha) <sup>(-1)</sup> ) por órgano de la planta de frutilla variedad San Andreas durante 120 DDT con fertilización TMC (T2) ..	72
<b>Tabla 15</b> Acumulación relativa de N, P, K, Ca, Mg en frutilla var. San Andreas con fertilizante micro carbono (TMC) durante 120 DDT (T2).....	73
<b>Tabla 16</b> Absorción total de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) en ((kg.ha) <sup>(-1)</sup> ) por órgano de la planta de frutilla variedad Albión durante 120 DDT con fertilización Convencional (T3) .....	74
<b>Tabla 17</b> Acumulación relativa de N, P, K, Ca, Mg en frutilla var. Albión con fertilizante convencional (CONV) durante 120 DDT (T3).....	75
<b>Tabla 18</b> Absorción total de nutrientes N, P, K, Ca, Mg en (kg.ha) <sup>(-1)</sup> por órgano de la planta de frutilla variedad San Andreas durante 120 DDT con fertilización Convencional (T4).....	77
<b>Tabla 19</b> Acumulación relativa de N, P, K, Ca, Mg en frutilla var. San Andreas con fertilizante convencional (CONV) durante 120 DDT (T4).....	78
<b>Tabla 20</b> Promedio ± desviación estándar de la longitud de la raíz (cm) en el cultivo de frutilla durante 120 DDT (T1= Albión.TMC; T2= San Andreas.TMC; T3= Albión.CONV; T4= San Andreas.CONV) .....	87
<b>Tabla 21</b> Promedio ± desviación estándar del peso fresco de la raíz (g) en el cultivo de frutilla durante 120 DDT (T1= Albión.TMC; T2= San Andreas.TMC; T3= Albión.CONV; T4= San Andreas.CONV) .....	88
<b>Tabla 22</b> Promedio ± desviación estándar del peso fresco del tallo (g) en el cultivo de frutilla durante 120 DDT (T1= Albión.TMC; T2= San Andreas.TMC; T3= Albión.CONV; T4= San Andreas.CONV) .....	88

<b>Tabla 23</b> Promedio $\pm$ desviación estándar del peso fresco de las hojas (g) en el cultivo de frutilla durante 120 DDT (T1= Albión.TMC; T2= San Andreas.TMC; T3= Albión.CONV; T4= San Andreas.CONV) .....	89
<b>Tabla 24</b> Promedio $\pm$ desviación estándar del peso fresco de las flores (g) en el cultivo de frutilla durante 120 DDT (T1= Albión.TMC; T2= San Andreas.TMC; T3= Albión.CONV; T4= San Andreas.CONV) .....	90
<b>Tabla 25</b> Promedio $\pm$ desviación estándar del número de tallos, hojas y flores en el cultivo de frutilla durante 120 DDT (T1= Albión.TMC; T2= San Andreas.TMC; T3= Albión.CONV; T4= San Andreas.CONV) .....	91

### Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Ubicación del proyecto de investigación .....	36
<b>Figura 2</b> Preparación del terreno previo a la siembra .....	39
<b>Figura 3</b> Vista frontal y lateral de las camas del cultivo.....	40
<b>Figura 4</b> Medidor de Clorofila Hansatech CI-01.....	45
<b>Figura 5</b> Disposición de las unidades experimentales .....	47
<b>Figura 6</b> Curvas de crecimiento comparativo total entre los tratamientos (T1(Albión.TMC), T2(SanAndreas.TMC), T3(Albión.CONV), T4(SanAndreas.CONV)) .....	51
<b>Figura 7</b> Curvas de crecimiento en peso seco de plantas de frutilla variedades Albión y san Andreas ( $[\text{kg.ha}]^{-1}$ ) en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), Tallo (b), Hoja (c), Flores (d). .....	53
<b>Figura 8</b> Curvas de absorción de nitrógeno ( $[\text{kg.ha}]^{-1}$ ) de plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas durante 120 DDT. ....	55

- Figura 9** Curvas de absorción de fósforo (  $[\text{kg}\cdot\text{ha}]^{-1}$ ) de plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT.  
Raíz (a), Tallo (b), Hoja (c), Flores (d). ..... 58
- Figura 10** Curvas de absorción de potasio (  $[\text{kg}\cdot\text{ha}]^{-1}$ ) de plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT.  
Raíz (a), Tallo (b), Hoja (c), Flores (d)..... 61
- Figura 11** Curvas de absorción de calcio (  $[\text{kg}\cdot\text{ha}]^{-1}$ ) de plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT.  
Raíz (a), Tallo (b), Hoja (c), Flores (d)..... 64
- Figura 12** Curvas de absorción de magnesio (  $[\text{kg}\cdot\text{ha}]^{-1}$ ) de plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), Tallo (b), Hoja (c), Flores (d). ..... 67
- Figura 13** Acumulación porcentual de nutrientes en cada parte de la planta de frutilla var. Albión con fertilización micro carbono (T1) ..... 71
- Figura 14** Acumulación porcentual de nutrientes en cada parte de la planta de frutilla var. San Andreas con fertilización micro carbono (T2)..... 73
- Figura 15** Acumulación porcentual de nutrientes en cada parte de la planta de frutilla var. Albión con fertilización convencional (T3)..... 76
- Figura 16** Acumulación porcentual de nutrientes en cada parte de la planta de frutilla var. San Andreas con fertilización convencional (T4)..... 79
- Figura 17** Curvas de relación entre el crecimiento de la planta y la extracción total de nitrógeno en plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas desarrolladas

	bajo dos fertilizaciones: Tecnología micro carbono (TMC) y Convencional o técnica (CONV).....	80
<b>Figura 18</b>	Curvas de relación entre el crecimiento de la planta y la extracción total de fósforo en plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas desarrolladas bajo dos fertilizaciones: Tecnología micro carbono (TMC) y Convencional o técnica (CONV) ...	81
<b>Figura 19</b>	Curvas de relación entre el crecimiento de la planta y la extracción total de potasio en plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas desarrolladas bajo dos fertilizaciones: Tecnología micro carbono (TMC) y Convencional o técnica (CONV) ...	82
<b>Figura 20</b>	Curvas de relación entre el crecimiento de la planta y la extracción total de calcio en plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas desarrolladas bajo dos fertilizaciones: Tecnología micro carbono (TMC) y Convencional o técnica (CONV) ...	84
<b>Figura 21</b>	Curvas de relación entre el crecimiento de la planta y la extracción total de magnesio en plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas desarrolladas bajo dos fertilizaciones: Tecnología micro carbono (TMC) y Convencional o técnica (CONV).....	86
<b>Figura 22</b>	Peso Fresco y Número de Hojas de plantas de frutilla de los diferentes tratamientos.....	92

## Resumen

En la presente investigación, se determina las curvas de extracción de N, P, K, Ca y Mg por órgano de la planta (raíz, tallo, hoja, flores) y su relación de absorción con el crecimiento; bajo el efecto de dos tipos de fertilizaciones: tecnología micro carbono (TMC) y convencionales o técnicas, en el cultivo de frutilla *Fragaria x ananassa* variedades Albión y San Andreas. El experimento se realizó en el invernadero de Horticultura de la Hacienda El Prado IASA 1, ubicado en el cantón Rumiñahui, parroquia Sangolquí, mediante un diseño completamente al azar (DCA) en parcela subdividida, con tres repeticiones por fertilización; se recolectaron 6 plantas por repetición cada 30 días, hasta los 120 días y se evaluó la absorción de nutrientes, peso fresco de las partes de la planta, longitud de raíz, número de hojas; tallos y flores. Se usó una prueba de comparación LSD Fisher para la validación estadística.

Las curvas de extracción mostraron que el nitrógeno es el mayor elemento absorbido (T1: 295.32  $kg. ha^{-1}$ , T2: 402.81  $kg. ha^{-1}$ , T3: 273.36  $kg. ha^{-1}$ , T4: 354.52  $kg. ha^{-1}$ ), seguido del potasio (T1: 262.57  $kg. ha^{-1}$ , T2: 312.33  $kg. ha^{-1}$ , T3: 257.06  $kg. ha^{-1}$ , T4: 287.81  $kg. ha^{-1}$ ) en donde la hoja y la raíz son los órganos con mayor acumulación de cada elemento. La relación de crecimiento con la absorción de nutrientes, muestra que la absorción es mayor mientras la planta se va desarrollando. Los tratamientos con fertilización micro carbono (T1 y T2) presentaron diferencias significativas en peso fresco de raíz, tallo, hojas y flores: (T1: 71.80 g, T2: 75.07 g), (T1: 70.20 g, T2: 77.50 g), (T1: 113.33 g, T2: 119.07 g), (T1: 14.93 g, T2: 17.50 g) respectivamente, en relación a los tratamientos con fertilización convencional (T3 y T4) donde el peso fresco de raíz (T3: 25.33 g, T4: 33.90 g), peso fresco de tallo ( T3: 38.90 g, T4: 39.97 g), peso fresco de hoja (T3: 44.43 g, T4: 77.83 g) y peso fresco de flores (T3: 5.77 g, T4: 7.87 g) fue menor.

*Palabras clave:* Frutilla var. Albión, Frutilla var. San Andreas, curva de extracción, curva de crecimiento, fertilización.

### Abstract

In the present investigation, the extraction curves of N, P, K, Ca and Mg are determined by plant organ (root, stem, leaf, flowers) and their absorption relationship with growth; under the effect of two types of fertilizations: micro carbon technology (TMC) and conventional or technical, in the cultivation of strawberry *Fragaria x ananassa* varieties Albi3n and San Andreas. The experiment was carried out in the Horticulture greenhouse of Hacienda El Prado IASA 1, located in the canton Rumiñahui, parish Sangolqu3, through a completely randomized design (DCA) in a subdivided plot, with three repetitions per fertilization; 6 plants were collected per repetition every 30 days, up to 120 days and the absorption of nutrients, fresh weight of the plant parts, root length, number of leaves; stems and flowers were evaluated.

The extraction curves showed that nitrogen is the largest element absorbed (T1: 295.32, T2: 402.81, T3: 273.36, T4: 354.52), followed by potassium (T1: 262.57, T2: 312.33, T3: 257.06, T4: 287.81) where the leaf and the root are the organs with the greatest accumulation of each element. The growth relationship with the absorption of nutrients shows that the absorption is greater as the plant develops. The treatments with micro carbon fertilization (T1 and T2) showed significant differences in fresh weight of root, stem, leaves and flowers: (T1: 71.80 g, T2: 75.07 g), (T1: 70.20 g, T2: 77.50 g), (T1: 113.33 g, T2: 119.07 g), (T1: 14.93 g, T2: 17.50 g) respectively, in relation to the treatments with conventional fertilization (T3 and T4) where the root fresh weight (T3 : 25.33 g, T4: 33.90 g), stem fresh weight (T3: 38.90 g, T4: 39.97 g), leaf fresh weight (T3: 44.43 g, T4: 77.83 g) and flower fresh weight (T3: 5.77 g, T4: 7.87 g) was lower.

*Keywords:* Strawberry var. Albi3n, Strawberry var. San Andreas, extraction curve, growth curve, fertilization.

## Capítulo 1

### Introducción

#### Antecedentes

La frutilla es una planta de alta producción de exquisito sabor y posee un alto valor nutricional muy apetecible en el mercado (Chiqui & Lema, 2010). Siendo a la vez una especie que se adapta a diversos climas, expresando mejor su potencial en zonas cálidas, libres de heladas y vientos (Morales, Riquelme, Hirzel, & France, 2017).

Por estas cualidades es una especie que se encuentra ampliamente cultivada en el mundo con 228.146 has y su producción alcanza los 3 millones de toneladas métricas al año. En Ecuador la mayor producción está concentrada en Pichincha, con 400 has cultivadas, seguida por Tungurahua con 240 has y en otras provincias como Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Azuay, la producción ha llegado a superar las 40 has (Comercio, 2011).

En la actualidad la importancia de este cultivo radica en que se puede producir frutilla desde 0.1 Ha y obtener ingresos de \$450 mensuales, siendo una alternativa para la economía de los pequeños agricultores del país (Riofrio Macas, 2013).

El mayor problema en cuanto a producción de frutilla es el manejo nutricional principalmente por la aplicación excesiva de algunos nutrientes como el nitrógeno, que puede generar excesivo crecimiento vegetativo, menor rendimiento y ablandamiento de la fruta, o la falta de otros como el boro y potasio que pueden reducir el cuajado de flores y frutos (Hirzel, 2017). Cabe señalar que los productores utilizan agroquímicos principalmente fertilizantes sintéticos que aumentan la salinidad y este cultivo es poco tolerante a este parámetro, con

valores de  $1 \text{ dS.m}^{-1}$  se obtiene un 100% del rendimiento, y a medida que se incrementa la conductividad eléctrica a  $2 \text{ dS.m}^{-1}$  éste disminuye a 67 % y con  $3 \text{ dS.m}^{-1}$  solo alcanza un 33% (Carter, 1981).

Una de las alternativas al uso de fertilizantes sintéticos es la tecnología micro carbono (TMC), cuyas ventajas son la eficiencia en la absorción nutrimental elevada y baja dosificación, disminuyendo el riesgo de salinización del suelo (Guacapiña, 2020). Por esta razón es importante el desarrollo de curvas de extracción, para conocer la época adecuada de absorción y aplicación de los fertilizantes.

### **Justificación**

En el Ecuador, el cultivo de la frutilla ha sido tecnificado gracias al uso de un mejor sistema de riego, así como la protección del suelo (mulch plástico), lo cual ha permitido una mejora en la inocuidad del producto y reducción del uso de químicos para su producción. Otra estrategia es la evaluación de la demanda total de nutrientes de las plantas y su dinámica de absorción es sumamente importante, ya que con esto se puede determinar planes de fertilización que permitan la sincronización entre el abastecimiento y la demanda del cultivo (García, et al., 2014). Para este propósito se utiliza curvas de absorción, que permiten evaluar las cantidades extraídas de un elemento a través de su ciclo de vida brindando la posibilidad de conocer la época de mayor extracción de los elementos nutricionales, así como definir un plan de fertilización adecuado.

Si bien se han realizado diferentes estudios sobre extracción nutrimental en variedades de frutilla, como Chandler, en Costa Rica (Molina, Salas, & Castro, 1993), en Ecuador solo se conoce las curvas de extracción realizadas por (Guacapiña, 2020), en un sistema

semihidropónico con fertilizantes TMC y convencional para la variedad Monterrey. Sin embargo; la mayoría de agricultores producen frutilla en suelo y se desconoce la época y cantidad de nutriente absorbido en este sistema.

La presente investigación busca estimar las curvas de extracción del cultivo de frutilla en el uso de dos variedades (Albión y San Andreas) para comparar la fertilización con productos tradicionales y TMC, para conocer el crecimiento, desarrollo y producción en el uso de suelo para su establecimiento. Y obtener una identificación de las épocas adecuadas de fertilización en frutilla para un programa de fertilización.

El sistema de producción actual de frutilla en Ecuador, bajo sistemas convencionales de producción en suelo no posee estudios para conocer el aprovechamiento y extracción nutrimental que el cultivo como tal requiere para su desarrollo tanto en crecimiento, desarrollo y producción en su periodo de vida. Además, que al ser un sistema primitivo este genera una contaminación ambiental de los cuerpos de agua (ríos, lagos, aguas subterráneas) por escorrentías superficiales, desperdicios de agua de riego y fertilizantes debido al desconocimiento que presentan los sistemas tradicionales que se fertirriegan con una cantidad mayor de solución nutritiva con el fin de mejorar la condición de la planta.

Por estas razones, los agricultores han encontrado la necesidad de cambiar el método de siembra de la planta de frutilla, incluyendo nuevos sistemas de producción en los que se encuentran los semihidroponicos e hidropónicos, aunque al ser nueva tecnología su principal barrera es los altos costos de implementación y mantenimiento.

El costo de instalación de sistemas semihidropónicos o hidropónicos es elevado para un pequeño o mediano agricultor, debido a la necesidad de incluir sistemas avanzados de riego y diferentes equipos para la medición de variables relacionadas a la solución nutritiva y análisis fisicoquímicos en el suelo y agua para un correcto funcionamiento del sistema.

El manejo indebido en la aplicación de fertilizantes dentro de los sistemas tradicionales presenta un medio de crecimiento de plagas y enfermedades, además de presentar cambios fisicoquímicos en la estructura del suelo lo cual obstaculiza el desarrollo del agro.

En un sistema de producción tradicional, la contaminación de los cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas y aguas subterráneas) por los lixiviados de fertilizantes edáficos, así como la concentración de nitratos y otros elementos siguen presentes. Con lo cual la implementación de nuevos sistemas de producción es más difícil al no existir un avance tecnológico.

La aplicación excesiva de productos químicos (fertilizantes y plaguicidas) con el fin de incrementar la producción y controlar plagas, han provocado un aumento en los costos de producción del agricultor. Lo cual ha mostrado problemas en mantener una producción constante de frutilla, así como cambios estructurales para conseguir una similar o mayor producción a la que obtenían con los métodos tradicionales.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Determinar curvas de extracción de N, P, K, Ca y Mg, en el cultivo *Fragaria x ananassa* fertilizado con tecnología micro carbono (TMC) y fertilización convencional.

### **Objetivos Específicos**

Determinar el contenido de N, P, K, Ca y Mg en plantas de frutilla bajo fertilización tradicional y fertilización de micro carbono.

Identificar la relación entre el crecimiento y demanda de N, P, K, Ca, Mg mediante curvas de extracción.

Realizar un boletín técnico, de la extracción de nutrientes con la solución nutritiva empleada para el cultivo de frutilla en siembra directa en suelo.

### **Hipótesis**

H0. La cantidad de N, P, K, Ca y Mg extraída por frutilla bajo la fertilización a base de tecnología de micro carbono y tradicional, es similar.

H1. La cantidad de N, P, K, Ca y Mg extraída por frutilla bajo la fertilización a base de tecnología de micro carbono, es mayor que la obtenida con productos tradicionales.

## Capítulo 2

### Revisión de Literatura

#### Generalidades de la frutilla

#### Características Morfológicas y taxonómicas

La frutilla presenta raíces que crecen en la capa del suelo a una profundidad de 25 – 30 cm y el 75% de las raíces activas se encuentran en la capa superior del suelo a 25 cm de profundidad (Bolda & Surendra, 2015 ). El tallo está constituido por un eje corto de forma cónica llamado “corona”, el cual es un tallo acortado que contiene los tejidos vasculares y por encima de él se forman otras coronas secundarias o brotes con algunas raíces, de las cuales brotan nuevas plantas (estolones) que no interesan y por tanto se deben eliminar (Branzanti, 1989).

Sus hojas son palmeadas subdivididas en tres folíolos, pero es frecuente que en algunos cultivares existan 4 – 5, tienen estipulas en su base y su espesor varía según el cultivar; son de color verde más o menos intenso y, a veces. Las inflorescencias son hermafroditas (perfectas), o unisexuales (imperfectas), están dispuestas sobre un pedúnculo de longitud variable que parten de las axilas de las hojas. Las flores son de pétalos lobulados, blancos a rojizos, que rodean al receptáculo prominente, evaginado, cónico o redondeado, que al ser fecundado los pistilos se desarrolla formando la llamada frutilla (Branzanti, 1989).

El fruto, es en realidad un falso fruto ya que la parte comestible pertenece al hipando, que solo se desarrolla si los óvulos son fecundados. Los verdaderos frutos corresponden a los aquenios que se adhieren sobre la superficie del hipanto (Sudzuki, 1992). La primera flor da origen al primer fruto que madura, de mayor tamaño y no siempre presenta una forma regular (Bañados, et al., 2015).

Según Sudzuki (1992), la frutilla taxonómicamente pertenece a la familia *Rosáceae*, género *Fragaria* y especie *ananassa*, su nombre científico es *Fragaria x ananassa*.

### **Variedades de frutilla**

Según lo indicado por INIA (2017), las frutillas se pueden clasificar de acuerdo a los requerimientos de horas luz, este factor se ve influenciado en la formación de yemas florales, longitud de peciolo, cantidad y calidad de frutos.

Variedades de día corto: son las que responden a fotoperiodos de menos de 14 horas de luz. Este grupo generalmente presenta dos periodos de cosecha en el año.

Variedades de día neutro: no responden a la cantidad de horas de luz (largo del día) y solo necesitan temperaturas del suelo por sobre los 12°C para emitir flores. Su producción es más homogénea a lo largo de la temporada. Responden de manera adecuada a sistemas forzados bajo túneles o invernaderos.

### **Variedades a utilizar de frutilla**

#### **Albión**

Es una variedad de excelente sabor, calidad y preferida por comercializadores y consumidores por sus características organolépticas (Bolda & Surendra, 2015).

Esta es una variedad de día neutro, rustica con hojas gruesas, presenta frutas grandes cónicas y alargadas de color rojo intenso. Es una planta mediana de fácil recolección de frutos con excelente sabor y buen comportamiento en poscosecha, posee producciones muy constantes durante la cosecha y gran aceptación en el mercado por su tamaño y constancia del fruto (Tustón, 2012).

### **San Andreas**

Es una variedad de día neutro moderado (remontante), de excelente calidad de fruta (similar a Albión), excelente sabor, con poca necesidad de frío en vivero, resistente a enfermedades (Eurosemillas, 2021).

Esta es una variedad de tamaño mediano de rápido crecimiento vegetativo inicial por lo que debe ser plantada con temperatura adecuada, presenta frutos de color rojo externo parejo y pulpa más clara. Posee una curva de producción sin picos y estable durante todo el ciclo, manteniendo un tamaño hasta el final de su campaña (Villagrán, Legarraga, & Zschau, 2013).

### **Condiciones agroclimáticas**

La frutilla se adapta a diversos climas, expresando mejor su potencial en zonas cálidas, libres de heladas primaverales y vientos. Las plantas entran en un proceso de receso o latencia con temperaturas entre 0° y 7°C, donde se produce una acumulación de reservas en forma de hidratos de carbono en la corona y las raíces principales, para romper este periodo, se debe agregar horas de frío para provocar una mayor cantidad de yemas vegetativas. Las raíces tienden a desarrollarse mejor a temperaturas mayores a 12°C en el suelo, siendo conseguido con técnicas como el uso de mulch y humedad adecuada (INIA, 2017).

### **Temperatura**

El cultivo de frutilla se adapta con facilidad a variados climas, siendo los valores óptimos para la formación de fruto o fructificación adecuada de 15 a 20 °C como media anual. Por otra parte; las temperaturas menores a 12 °C durante el cuajado dan lugar a frutos con deformaciones por el frío, mientras que las altas temperaturas pueden originar una acelerada maduración y coloración del fruto, lo que impide que la frutilla alcance un adecuado tamaño para su comercialización (Parra Castro, 2018).

### **Humedad relativa**

La humedad relativa más o menos adecuada es de 60 y 75%, cuando es excesiva puede provocar la presencia de enfermedades causadas por hongos, por lo contrario, cuando la humedad es deficiente, las plantas sufren daños fisiológicos que influyen en la producción; se considera que una planta de frutilla tiene un consumo hídrico estimado de 400 a 600 mm anuales (Parra Castro, 2018).

### **Condiciones edáficas**

Según lo indicado por Sepúlveda, Delano y Correa (2015), la frutilla requiere suelo franco arenoso, con una profundidad de 0.8 metros, buen drenaje y fertilidad media. Se adapta a un rango de pH entre 5.8 y 7.2 libre de sales de Na, Ca, B y Cl y una conductividad eléctrica inferior a  $1 \text{ mmhos.cm}^{-1}$ . El suelo debe presentar idealmente altos niveles de materia orgánica.

### **Requerimientos nutricionales del cultivo**

El manejo nutricional en el cultivo de frutilla requiere una atención desde la identificación del elemento deficitario o necesario como en la oportunidad de la aplicación que puede estar determinado por la asimilación de la planta y/o la velocidad de entrega por parte del producto (INIA, 2017).

En el sistema convencional, los fertilizantes tienen directa relación con el nivel de rendimiento y con las propiedades químicas del suelo, por lo cual; el programa de fertilización de cada temporada debe ser específico en cada predio, ya que la falta o exceso de algún nutriente afectó directamente a la productividad del cultivo, así como la calidad de la fruta. Por lo tanto, la aplicación de cada elemento cumple un rol importante en la planta que muestra el efecto que se obtiene con una fertilización adecuada.

## Macronutrientes

**Nitrógeno:** Es esencial para aumentar el vigor de la planta, la producción de estolones, aumentar el número y actividad de las raíces y mejorar la acumulación de reservas (INIA, 2017).

**Fósforo:** Es un elemento estructural, ya que son críticos en procesos de transferencia de energía y en la fisiología de la semilla, principalmente luego de la polinización ya que se incrementa la demanda del mismo haciendo declinar los niveles foliares (Aguero, 2002).

**Potasio:** Está involucrado en la absorción de agua de las raíces, influye en la fijación de CO<sub>2</sub>, fotosíntesis y regula la apertura de estomas. Si la disponibilidad es crítica en hojas y frutos en crecimiento. (Aguero, 2002). Además, mejora el vigor, calibre, sabor y firmeza de frutos, aumenta la eficiencia del uso de agua y resistencia al estrés por su falta (INIA, 2017).

**Calcio:** Es un elemento importante para el ligamiento entre sustancias pépticas dentro de la pared celular y es absorbido por la planta a través de las raíces jóvenes. Su rol es esencial en calidad de poscosecha de los frutos (Aguero, 2002). Mejora la cuaja, calibre y firmeza de los frutos y aumenta la resistencia a plagas y enfermedades (INIA, 2017).

**Magnesio:** Es un elemento activador de enzimas, requerido en las etapas vegetativas y reproductivas (Aguero, 2002). Este aumenta la intensidad del color de las hojas, aumenta el rendimiento (mayor actividad fotosintética de las hojas) (INIA, 2017).

**Tabla 1**

*Rango del nivel nutricional porcentual adecuado en hoja de frutilla*

<b>Nutriente</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
<b>Nivel</b>	2.6 - 3.5	0.25 - 0.35	1.2 - 2.0	0.7 - 1.5	0.25 - 0.4
<b>Adecuado (%)</b>					

### **Fertilizante**

Los fertilizantes son sustancias de origen animal, mineral, vegetal o sintético que proveen nutrientes que los cultivos necesitan, con esto favorece la producción de alimento y cultivos comerciales, con características de mejora en la calidad y cantidad aportando a una mejora en la fertilidad del suelo (FAO, 2002).

En frutilla, el manejo nutricional es uno de los factores de mayor importancia ya que la aplicación excesiva de nutrientes genera problemas como crecimiento excesivo vegetativo, menor rendimiento y ablandamiento de la fruta, principalmente para el manejo convencional (en suelo) se emplea cualquier tipo de fertilizante en dosis o épocas lo cual puede causar una variación en la naturaleza del cultivo, así como problemas en cuanto a rendimiento (Hirzel, 2017).

### **Tecnología Micro Carbono (TMC)**

Los fertilizantes a base de tecnología Micro Carbono™ (TMC), se caracterizan por el tamaño de la molécula, esta molécula se basa en un elemento rico en carbono llamado leonardita el cual se transforma en moléculas orgánicas con un tamaño 1000 veces inferior a los

ácidos fúlvicos y cientos de veces inferior a los ácidos húmicos llegando a un tamaño de partícula de 1 a 6 anillos de carbono; esto se realiza de manera natural a partir de la incorporación de microorganismos que degradan la materia orgánica y algas de agua dulce, este material es rico en ácidos orgánicos y minerales conformados en el tiempo en agua dulce, cuando es aplicado a suelos agrícolas mejora las condiciones del mismo, aumentando el contenido mineral de las plantas y la eficiencia de absorción de los nutrientes (Humagro, 2015).

La tecnología Micro Carbono <sup>TM</sup> (TMC), actúa de manera simbiótica con la planta, reduciendo el gasto energético en la asimilación de nutrientes y actuando como un catalizador de todas las soluciones nutricionales aportadas, tanto de manera foliar o en fertirrigación. Además de esto actúa como un mejorador de suelo, incrementando exponencialmente el complejo de cambio de un suelo y aumentando la microflora natural, creando una sinergia entre los elementos que participan en el desarrollo productivo de la planta (Humagro, 2015).

### **Leonardita**

La materia prima para producir la TMC es la leonardita. La fuente de este mineral fueron los bosques que hace miles de millones de años quedaron sobre el suelo descomponiéndose con el tiempo para después mineralizarse, es decir, que la leonardita es una fuente de carbono vegetal (MetroFlor, 2016). Este material es rico en ácidos húmicos y fúlvicos de origen vegetal, transformada debido a las deposiciones sucesivas de sedimentos sobre los restos vegetales sumergidos (Jackson, 1993).

Esta leonardita es sometida a procesos de digestión biológica y posteriormente a una extracción química logrando finalmente un jarabe que es la Tecnología Micro Carbono TMC (MetroFlor, 2016).

## **Productos con tecnología Micro Carbono (TMC)**

Todos los productos con TMC tienen tres componentes que generan una sinergia perfecta: derivados biológicos, extractos de algas y bacterias (metabolitos, polisacáridos, aminoácidos, enzimas y hormonas naturales). Nutrientes, macro y micro, vitaminas y catalizadores. Compuestos fenólicos: Micro carbono (refinados de leonardita) (Taipe, 2018).

### **Super Nitro**

Es una fuente de nitrógeno derivado de la urea y nitrato de amonio acompañada con TMC, puede ser aplicada al suelo o foliar sin riesgo de provocar fitotoxicidad en las dosis recomendadas. Contiene un 30% de nitrógeno y un 4% de TMC, presenta una densidad de 1.29 g.cm<sup>-3</sup> y un pH de 7.5 a 8 (Humagro, 2022).

### **Phos – Max**

Es una formulación de fósforo derivado del ácido fosfórico acompañado con TMC que puede ser aplicada al suelo o de forma foliar sin riesgo de provocar fitotoxicidad en las dosis recomendadas. Contiene 50% de fósforo en forma de peróxido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), tiene un 6% de TMC, con densidad de 1.52 g.cm<sup>-3</sup> y un pH menor a 1.5 (Humagro, 2014).

### **Super K**

Es una formulación de potasio derivado del hidróxido de potasio y acompañada con TMC, contiene enzimas y coenzimas para maximizar la absorción de potasio por las plantas. Promueve el movimiento interno del agua y ayuda a reducir las fisiopatías. Contiene 40% de potasio en la forma de óxido de potasio (K<sub>2</sub>O) tiene un 8.5% de TMC, una densidad de 1.47 g.cm<sup>-3</sup> y un pH de 12.5 a 13.5 (Humagro, 2014).

### **Calcium**

Derivado del nitrato de calcio acompañado con TMC, maximiza la absorción de calcio y su translocación dentro de la planta, necesario para el crecimiento y la fortaleza celular. Contiene un 10% de calcio, 8% de nitrógeno y un 13% de TMC, una densidad de  $1.39 \text{ g.cm}^{-3}$  y un pH menor a 1 (Humagro, 2014).

### **44 Mag**

Es una formulación derivada del sulfato de magnesio acompañado con TMC. Contiene 5.5% de azufre, 5% de magnesio y 4% de TMC, una densidad de  $1.28 \text{ g.cm}^{-3}$  y un pH de 5 a 5.5 (Humagro, 2017).

### **Iron**

Es una formulación derivada de la urea y el sulfato de hierro acompañado con TMC. Contiene un 12% de nitrógeno, 4% de azufre, 8% de hierro y 3.7% de TMC, una densidad de  $1.41 \text{ g.cm}^{-3}$  y un pH de 2.5 a 3.5 (Humagro, 2020).

### **Manganese**

Es una formulación a base de manganeso derivado del sulfato de manganeso acompañado de TMC. Contiene un 2.5% de azufre, 5% de manganeso y un 9.3% de TMC, una densidad de  $1.14 \text{ g.cm}^{-3}$  y un pH de 3.5 a 4.5 (Humagro, 2020).

**Z – Max**

Es una formulación derivada del sulfato de cobre, sulfato de manganeso y sulfato de zinc acomplejada con TMC que puede ser aplicada al suelo o de forma foliar. Contiene un 5% de azufre, 2% de manganeso, 0,50% de cobre, 8% de zinc y 12.5% de TMC, una densidad de 1.37 g.cm<sup>-3</sup> y un pH de 3 (Edifarm, 2019).

**Boron**

Es una formulación derivada del ácido bórico acomplejado con TMC. Contiene 10% de boro y 5% de TMC, una densidad de 1.18 g.cm<sup>-3</sup> y un pH de 6.5 a 7.5 (Humagro, 2017).

**Sulfur**

Es una formulación derivada del sulfato amónico acomplejado con TMC. Contiene 8% de nitrógeno, 10% de azufre y 8.2% de TMC, una profundidad de 1.25 g.cm<sup>-3</sup> y un pH menor a 1.6 (Humagro, 2014) .

**Copper**

Es una formulación derivada de cobre acomplejada con TMC. Contiene 4% de azufre y 5% de cobre y 8% de TMC, una densidad de 1.14 g.cm<sup>-3</sup> y un pH menor a 2.8 (Edifarm, 2018).

**Comol**

Es una formulación derivada de fósforo, cobalto y molibdeno acomplejada con TMC. Contiene 5% de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 1% de cobalto, 3% de molibdeno (Humagro, 2017).

## Curvas de Extracción

Una curva de absorción es la representación gráfica de la extracción de un nutriente y representa las cantidades de este elemento extraídas por la planta durante su ciclo de vida (Sancho, 1999).

Según lo indicado por Sancho (1999), los factores internos y externos de las curvas de absorción son:

**Factores internos:** Los factores internos para determinar las curvas de extracción son el potencial genético y la edad de la planta, los cuales afectan en la curva ya que necesariamente esta refleja los cambios nutricionales dependientes de la fenología de la planta. Con esto se pueden asociar puntos de máxima absorción con puntos claves de desarrollo como prefloración, floración, fructificación etc.

**Factores externos:** Los factores externos son aquellos relacionados con el ambiente donde se desarrolla la planta como la temperatura, humedad, brillo solar, etc.

## Curvas de Crecimiento

Las curvas de crecimiento son necesarias ya que nos muestra el desarrollo que tiene la planta a lo largo del cultivo, permitiéndonos realizar las curvas de extracción.

La importancia de estas curvas es que se encuentre presente las principales etapas fenológicas del cultivo y la participación de cada tejido en ellas, se calculan con el peso seco acumulado en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de cada etapa fenológica (Berstch, 2009).

## Capítulo 3

### Metodología

#### Ubicación del lugar de investigación

La presente investigación se realizó en la parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha, 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

Geográficamente está localizada a una altitud de 2748 msnm, latitud: 0° 23' 20" S y longitud: 78° 24' 44" O (Arce, 2009). La temperatura mínima del sitio es de 10°C y máxima de 35°C, la humedad relativa del 50% y la precipitación media anual de 1332.72 mm (Guacapiña, 2020).

#### Figura 1

*Ubicación del proyecto de investigación*



*Nota. Tomado de Google Earth, Digital Globe. 2021*

## Manejo del suelo previo a la siembra

Previo al establecimiento del experimento se tomaron muestras de suelo en el lugar donde se implantó el cultivo. El muestreo se realizó en zig zag con una pala de desfonde, se tomó 5 submuestras simples a una profundidad de 0.3 m, las cuales se mezclaron para obtener un kg de suelo homogeneizado. Posteriormente se envió a realizar un análisis de las propiedades físicas y químicas en los laboratorios de Agrocalidad para conocer la constitución del mismo.

**Tabla 2**

*Resultados de Análisis de Suelo Inicial*

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-21-0643	Invernadero Horticultura	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 904SD	...	6.96
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	3.38
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0.17
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	133.7
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0.61
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	15.01
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	3.57
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	295.6
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	14.35

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	7.87
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	5.67

*Nota:* Recuperado de Agrocalidad. Copyright 2021.

### Análisis de Agua de Riego

Se realizó un análisis físico químico y microbiológico del agua de riego en las instalaciones del IASA para conocer la constitución de la misma.

**Tabla 3**

#### *Análisis Físico Químico y Microbiológico de Agua de Riego*

	PARÁMETROS	UNI.	M1
FÍSICOS	Temperatura	°C	17.5
	Potencial hidrógeno	0-14	8.53
	Conductividad	µS/cm	230
	TDS	mg/l	167
MICROBIOLÓGICO	Enterobacterias lactosa (+) <i>Enterobacter sp.</i> <i>E.coli</i>	UFC/100 ml	0
	Enterobacterias lactosa (-) <i>Proteus sp.</i>	UFC/100 ml	<5
	Aerobios totales ( <i>Bacillus sp.</i> )	UFC/100 ml	<18
	<i>Pseudomonas sp.</i>	UFC/100 ml	0
	Hongos	UFC/100 ml	0
	Levaduras	UFC/100 ml	0
QUÍMICOS	Nitritos NO <sub>2</sub>	mg/l	0.014
	Nitrato NO <sub>3</sub>	mg/l	0.44
	Fosfatos PO <sub>4</sub>	mg/l	0.95
	CaCO <sub>3</sub>	mg/l	22
	Magnesio	mg/l	0
	Amonio NH <sub>3</sub>	mg/l	0.085

*Nota:* Recuperado de Muñoz (2021).

Para establecer el cultivo se realizó previamente un arado y rastra a mano en el suelo a una profundidad de 0.15 m; para mejorar la estructura de este y después se elaboró las camas para la posterior siembra, estas fueron de las siguientes dimensiones: 4 m de largo, 0.5 m de ancho y 0.35 m de altura.

## **Figura 2**

*Preparación del terreno previo a la siembra*



*Nota:* La imagen representa el terreno donde se dispuso el experimento.

## **Fase Invernadero**

### **Manejo del Cultivo**

El cultivo de frutilla, se sembró en las camas previamente elaboradas, con cubierta de plástico negro con dos variedades de frutilla (Albión y Monterrey), y dos tanques de fertilización por separado (TMC y Convencional). Además, se empleó la fertirrigación con dos bombas (Trupper 0.75 HP), conectadas a una cinta de goteo auto compensable.

Las plantas se desinfectaron con Propamocarb  $1\text{g.L}^{-1}$  y Carbendazim  $1.5\text{ml.L}^{-1}$ , la distancia de siembra fue a  $0.22\text{ m}$  entre plantas y  $0.30\text{ m}$  en hileras, obteniendo una densidad de  $11\text{ plantas.m}^{-2}$ .

### Figura 3

*Vista frontal y lateral de las camas del cultivo*



*Nota:* La imagen representa el experimento establecido.

### Riego

Durante los primeros cinco días después del trasplante, se realizó un riego manual para evitar que la planta entre en estrés. Posteriormente esta actividad se realizó mediante riego por goteo, para estimar los riegos automatizados se evaluó la lámina de riego aprovechable mediante la siguiente fórmula:  $LAA = (CC - MP) \times Da \times D$ ; donde, LAA: Lámina de agua aprovechable (mm), CC: contenido de humedad a capacidad de campo en base a peso, decimal, MP: contenido de humedad a marchitez permanente en base a peso, decimal,  $Da$ : densidad aparente del suelo,  $D$ : profundidad del suelo (mm) (FAO, 2014). Para automatizar se colocó un timer Volteck que se programó 3 veces al día con una duración de un minuto, dándonos un riego por día de 50 litros por cama.

## Solución Nutritiva

El cultivo se fertilizo con la solución nutritiva propuesta por Furlani y Fernández (2007), formulada con fertilizantes tradicionales y TMC (Tablas 4), la frecuencia de aplicación se ajustó de acuerdo con los contenidos que existen en el suelo; se mantuvo un pH de 5.5- 6, con un valor óptimo de 5.7 y una C.E de 0.5 mS.cm<sup>-1</sup> cada 8 días.

**Tabla 4**

*Concentración de la solución para fertilizantes Tecnología Micro Carbono-HUMAGRO y fertilizantes convencionales*

<b>Producto</b>	<b>ml.L<sup>-1</sup></b>	<b>ml.(m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup></b>
SUPER NITRO	1,245	124,5
SULFUR	0,03	3
PHOSMAX	0,16	16
SUPER K	0,329	32,9
CALCIUM	0,832	83,2
44 MAG	0,36	36
IRON	0,02	2
MAGNESSE	0,0114	1,14
Z MAX	0,0085	0,85
COPPER	0,003	0,3
BORON	0,03	3
COMOL	0,0005	0,05
<b>Producto</b>	<b>g.L<sup>-1</sup></b>	<b>g.(m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup></b>
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	6,4	6400
KNO <sub>3</sub>	23,23	23230
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	42,64	42640
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	21,76	21760
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-
MgSO <sub>4</sub>	18	18000
Fe (EDDHA 6%)	1,03	1030
Cu (EDTA 9%)	0,1	100
Mn (EDTA 13%)	0,208	208
Zn (EDTA 15%)	0,213	213
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0,101	101
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub>	0,4	400

*Nota:* Recuperado de Furlani y Fernandez (2007)

Para la aplicación de los fertilizantes convencionales se elaboró una solución madre concentrada 100x, para este propósito se utilizaron dos tanques de 60 L. El tanque A contenía nitrato de amonio, nitrato de potasio y nitrato de calcio, mientras que al tanque B se colocó fosfato monopotásico, sulfato de magnesio y quelatos (hierro EDDA 9%, cobre, manganeso, zinc, molibdeno y boro) y para fertilización de micro carbono se colocó directamente en el tanque de riego.

### **Podas**

Se realizaron podas de formación en la segunda semana DDT, eliminando las primeras flores con el fin de darle vigor a las plantas. Adicionalmente, se mantuvo con podas de mantenimiento cada 15 días, para estimular las inflorescencias y aumentar la aireación.

Al final del cultivo se realizó un análisis físico del suelo, incluyendo el pH y nutrientes presentes en el mismo.

Tabla 5

*Resultados de Análisis de Suelo Final*

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-21-1741	Invernadero Horticultura Frutilla IASA 1	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 904SD	...	6.31
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	3.24
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0.16
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	83.8
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0.6
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	10.34
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	3.68
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	323.7
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	9.9
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	9.24
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	6.19

*Nota:* Recuperado de Agrocalidad. Copyright 2021.

**Diseño Experimental**

Los factores evaluados fueron los tipos de fertilización (F1 y F2) y las variedades de frutilla (V1 y V2) en 4 intervalos de tiempo (T1, T2, T3 y T4), durante un ciclo de producción del cultivo de 4 meses.

En la ejecución de la fase experimental se evaluaron 4 tratamientos que son el resultado de la combinación de los tipos de fertilización y las variedades de frutilla. (Tabla 6).

**Tabla 6**

*Conformación de tratamientos*

<b>Fertilización</b>	<b>Variedad</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Tratamiento</b>
Orgánica (TMC) - F1	Albión (V1)	F1V1	T1
	San Andreas (V2)	F1V2	T2
Convencional (Técnica / Mineral) - F2	Albión (V1)	F2V1	T3
	San Andreas (V2)	F2V2	T4

**Nota: \*F= Fertilización \*V= Variedad**

**Variables de Estudio**

Se seleccionaron seis plantas por cada unidad experimental cada 30 días durante 4 meses y en cada una de ellas se midió; el tamaño de la raíz, el peso fresco de las hojas, el número total de hojas y el número de flores totales.

**Curvas de crecimiento**

Se seleccionaron 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 colocó en bolsas de papel, y se las secó en una estufa 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 kg.ha-1 multiplicando por el número de plantas en una hectárea de cultivo a tresbolillo (55000) (INIA, 2017).

### **Determinación de nitrógeno por medidor de clorofila**

Para determinar la concentración de nitrógeno en porcentaje, se utilizó el medidor Hansatech CI-01 en las hojas medias de las plantas seleccionadas para determinar la cantidad de clorofila presente en las mismas, posterior se realizó un promedio de las hojas medidas por tratamiento, cada 30 días con el fin de obtener mediante escala de clorofila realizado por Yépez Tirado (2018).

#### **Figura 4**

*Medidor de Clorofila Hansatech CI-01*



*Nota:* La imagen representa el medidor usado para clorofila

### **Determinación de K, Ca, Mg por absorción atómica y fósforo**

Se peso 3 g. de cada muestra molida y se las colocó en crisoles de porcelana para calcinarlas a 600 °C en una mufla, posterior se procedió a recuperar el material en una plancha de calentamiento, añadiendo 2 ml de agua desionizada y 10 ml de ácido clorhídrico 2N, hasta lograr la ebullición.

Posteriormente se vertió el contenido de los crisoles en balones aforados para filtrar el contenido y finalmente aforar el contenido de los mismos con agua desionizada hasta los 50 ml.

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. Para la medición de potasio, se colocó en un tubo de ensayo 9 ml de nitrato de lantano y 1ml de la muestra filtrada. En cuanto a calcio y magnesio, se colocó 9.5 ml de nitrato de lantano y 0.5 ml de la muestra filtrada. Para los blancos se usó 9.5 ml de nitrato de lantano y 0.5 ml de agua desionizada.

El cálculo de iones, se realizó mediante la siguiente ecuación:  $ion\ g.kg^{-1} = \frac{(a-b)xV}{m \times 1000}$  (Sadzawka A. , 2007). Dónde: a= mg.l-1de ion filtrado de la muestra, b= mg.l-1 promedio del ion del filtrado de los blancos, V= Volumen del filtrado (100 ml) y m= masa en gramos de la muestra.

### **Extracción total y Frecuencias de absorción**

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 (Guacapiña, 2020).

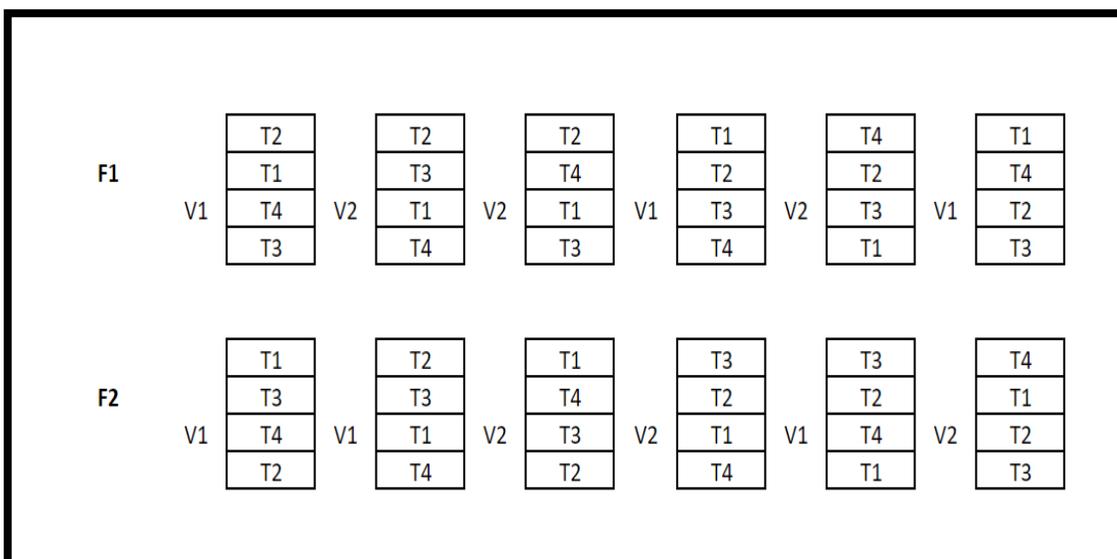
Las frecuencias de acumulación relativa y acumulada se obtuvieron al sumar los valores de absorción total en porcentaje por cada elemento y etapa de cultivo.

### **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.

Figura 5

Disposición de las unidades experimentales



Nota: (F1= Fertilización TMC, F2= Fertilización Convencional (Técnica), V1= Variedad Albión, V2= Variedad San Andreas, T1= 30 días, T2= 60 días, T3= 90 días, T4= 120 días)

### Análisis Estadístico

El experimento se dispuso bajo diseño completamente al azar en parcela subdividida (2 x 2 x 3) con 3 repeticiones, donde el tipo de fertilización (TMC y Convencional) es el factor de parcela grande, el factor de parcela mediana corresponde a las variedades de frutilla (Albión y San Andreas) y el factor de parcela pequeña corresponde a los intervalos de tiempo (30, 60, 90 y 120), (Figura 5). El modelo matemático que se siguió es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + \delta_{l(i)} + V_j + (FV)_{ij} + \gamma_{jl(i)} + T_k + (FT)_{ik} + (VT)_{jk} + (FVT)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Rendimiento de la planta de frutilla.

$\mu$  = Media general.

$F_i$  = Efecto del i-ésimo tipo de fertilización.

$\delta_{l(i)}$  = Error para el tipo de fertilización.

$V_j$  = Efecto de la j-ésima variedad de frutilla.

$(FV)_{ij}$  = Efecto de la interacción tipo de fertilización \* variedad de frutilla.

$\gamma_{jl(i)}$  = Error para la variedad de frutilla.

$T_k$  = Efecto del k-ésimo intervalo de tiempo

$(FT)_{ik}$  = Efecto de la interacción tipo de fertilización \* intervalo de tiempo.

$(VT)_{jk}$  = Efecto de la interacción tipo de fertilización \* intervalo de tiempo.

$(FVT)_{ijk}$  = Efecto de la interacción tipo de fertilización \* variedad de frutilla \*

intervalo de tiempo.

$\epsilon_{ijkl}$  = Error experimental.

El experimento contó con doce unidades experimentales, las cuales fueron a manera de camas de cultivo de frutilla, cada una irrigada por un tipo de fertilización, de dimensiones: 4 m de largo y 0,50 m de ancho, dentro de las cuales se elaboraron 2 hileras con un total de 31 plantas por cama, y contó con una separación entre parcela grande y mediana de 0.5 m.

Las variables de estudio se caracterizaron con estadística descriptiva (media y desviación estándar). Para comparar el rendimiento de frutilla entre tratamientos se realizó un análisis de varianza (ANAVA) y adicionalmente se verificó la relación entre crecimiento y extracción mediante modelos de regresión lineal de segundo orden donde la variable dependiente es la cantidad de materia seca y la variable independiente es el intervalo de días, y posteriormente se

evaluó mediante prueba de comparación de medias mediante la prueba de LSD Fisher a un nivel de significancia de  $p \leq 0,05$ . Todos los análisis fueron realizados en el software INFOSTAT.

## Capítulo 4

### Resultados

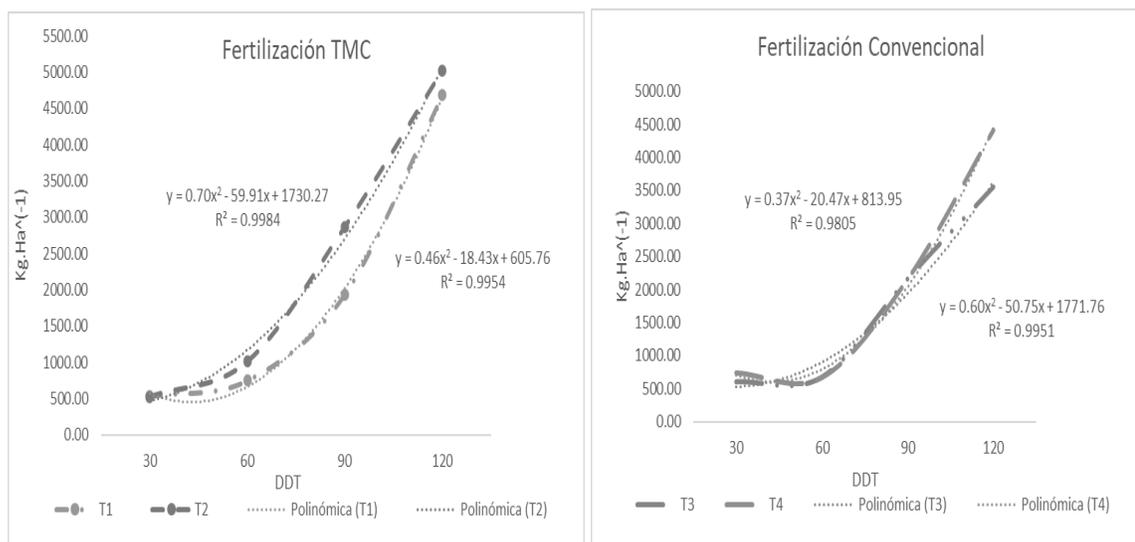
Para la obtención de los resultados se cultivó 72 plantas por cada tratamiento, extrayendo un total de 288 plantas de frutilla en la investigación: las cuales fueron 144 plantas de cada una de las variedades de frutilla Albión y San Andreas respectivamente, las cuales fueron sometidas a dos tipos de fertilización (F1= Fertilización líquida (TMC) y F2 = Fertilización Técnica o convencional (CONV)).

#### Curvas de Crecimiento

Las curvas de crecimiento total presentaron diferencias significativas ( $t_{1,13} = 5.03$ :  $p = 0.0002$ ) entre tratamientos, presentando una mayor acumulación de materia seca el tratamiento con fertilización micro carbono en la variedad San Andreas a los 90 DDT (T2), (T2:  $2868.16 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) y a los 120 DDT los tratamientos con fertilización micro carbono en las variedades Albión (T1) y San Andreas (T2), (T1:  $4682.72 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T2:  $5024.40 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) (Figura 6).

**Figura 6**

*Curvas de crecimiento comparativo total entre los tratamientos (T1(Albi3n.TMC), T2(SanAndreas.TMC), T3(Albi3n.CONV), T4(SanAndreas.CONV))*



Las curvas de crecimiento fueron realizadas desde los 30 d3as despu3s del trasplante hasta los 120 d3as del cultivo, las mismas fueron elaboradas para cada 3rgano de la planta (ra3z, tallo, hojas y flor); se observa que las curvas presentan un crecimiento similar en cada etapa de evaluaci3n, sin embargo, se destaca que la curva de crecimiento del tratamiento 2 (fertilizaci3n micro carbono y variedad San Andreas) acumula m3s biomasa seca en cada una de las etapas frente a los dem3s tratamientos evaluados (Figura 6).

En cuanto a las partes de la planta, la hoja es el 3rgano que muestra una mayor acumulaci3n de materia seca en todos los tratamientos; en los primeros 30 DDT; el tratamiento de fertilizaci3n micro carbono y variedad Albi3n (T1) y el de fertilizaci3n convencional y variedad San Andreas (T4); presenta mayor cantidad de materia seca (T1: 111.28 kg.ha<sup>-1</sup>, T4: 129.25 kg.ha<sup>-1</sup>), sin embargo, desde los 60 DDT, el tratamiento con mayor cantidad de materia seca fue aquel con fertilizaci3n micro carbono y variedad San Andreas (T2) el cual obtuvo una

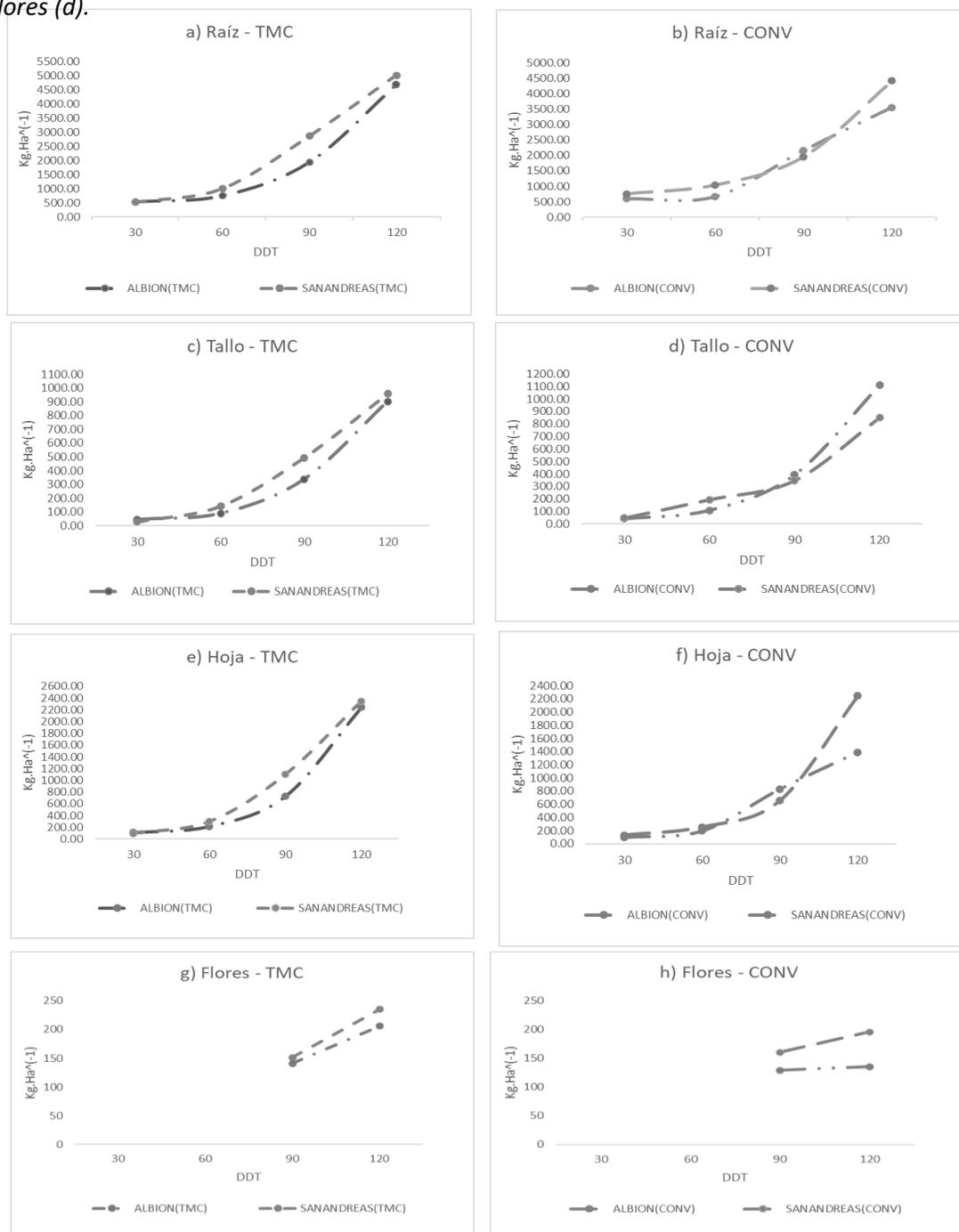
cantidad de  $300.67 \text{ kg. ha}^{-1}$  y finalizó con  $2348.50 \text{ kg. ha}^{-1}$  a los 120 DDT (Figuras 7e y 7f). El órgano subsecuente con mayor acumulación de materia seca es la raíz (Figuras 7a Y 7b), donde el tratamiento de fertilización micro carbono y variedad San Andreas (T2), muestra una acumulación de  $5024.40 \text{ kg. ha}^{-1}$  en los 120 DDT.

En cuanto al tallo, no se encuentran diferencias significativas en las curvas entre tratamientos ( $F = 1.41$ ;  $p = 0.2569$ ), sin embargo, a los 120 DDT, se evidencia un incremento de materia seca en el tratamiento de fertilización convencional y variedad Albión ( $T3 = 1109.35 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) (Figuras 7c y 7d).

La flor inicia su crecimiento a los 90 DDT, en todos los tratamientos en donde se evidencia que con fertilización convencional y fertilización micro carbono con variedad San Andreas (T4 y T2 respectivamente) presentan mayor acumulación de materia seca ( $T4: 160.05 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $T2: 151.43 \text{ kg. ha}^{-1}$ ), sin embargo a los 120 DDT, los tratamientos de fertilización micro carbono con las variedades San Andreas y Albión (T2 y T1) muestran un incremento en la cantidad de materia seca ( $T1: 206.07 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $T2: 234.85 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $T3: 134.93 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $T4: 195.43 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) (Figuras 7g y 7h).

Figura 7

Curvas de crecimiento en peso seco de plantas de frutilla variedades Albión y san Andreas ( $\text{Kg.Ha}^{-1}$ ) en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), Tallo (b), Hoja (c), Flores (d).



Nota: T1= (Albión-TMC), T2= (San Andreas-TMC), T3= (Albión-CONV), T4= (San Andreas-CONV), DDT= Días después del trasplante

## Curvas de Absorción de Nutrientes

### Nitrógeno

Las curvas de absorción de nitrógeno se muestran en la Figuras 8a y 8b, las mismas que fueron evaluadas en la hoja de la planta donde se puede observar que no existen diferencias estadísticamente significativas en la absorción de nitrógeno a los 30 DDT en los tratamientos de fertilización micro carbono en variedad Albión (T1) y variedad San Andreas (T2) así como los tratamientos con fertilización convencional en variedad Albión (T3) y variedad San Andreas (T4), (T1:  $2.68 \pm 0.68 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T2:  $2.60 \pm 1.44 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T3:  $2.46 \pm 0.48 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T4:  $3.77 \pm 0.32 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) ( $F= 1.06$ ;  $p= 0.3798$ ), mientras que a los 60 DDT se observa un aumento en la cantidad de absorción de este elemento en los tratamientos de fertilización micro carbono en variedad San Andreas (T2) y fertilización convencional en variedad San Andreas (T4) sin embargo, al concluir los 120 DDT, los tratamientos con fertilización micro carbono en las dos variedades Albión y San Andreas (T1 y T2) muestran la mayor acumulación de nitrógeno (T1:  $101.36 \pm 64.35 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T2:  $95.60 \pm 18.19 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T3:  $50.09 \pm 22.85 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T4:  $85.78 \pm 32.29 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) (Tabla 7).

Tabla 7

Promedio  $\pm$  desviación estándar de la absorción del nitrógeno total evaluado (  $[\text{kg.ha}]^{-1}$ ) a

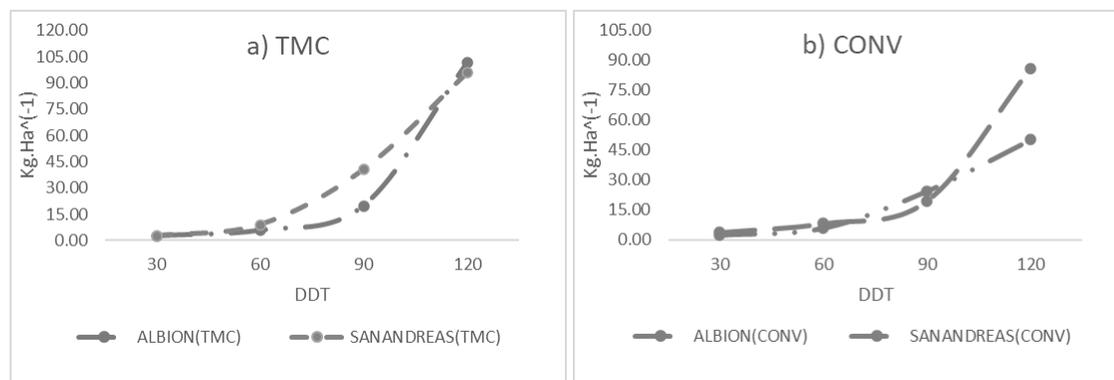
los 30, 60, 90 y 120 DDT

DDT	Nitrógeno	
	Tratamiento	media $\pm$ DE
30	T1(ALB.TMC)	2.68 $\pm$ 0.68 a
	T2(SNA.TMC)	2.60 $\pm$ 1.44 a
	T3(ALB.CONV)	2.46 $\pm$ 0.48 a
	T4*SNA.CONV)	3.77 $\pm$ 0.32 a
60	T1(ALB.TMC)	5.85 $\pm$ 1.40 a
	T2(SNA.TMC)	8.99 $\pm$ 3.34 ab
	T3(ALB.CONV)	5.96 $\pm$ 0.90 a
	T4*SNA.CONV)	8.21 $\pm$ 1.43 ab
90	T1(ALB.TMC)	19.83 $\pm$ 6.35 abc
	T2(SNA.TMC)	40.51 $\pm$ 18.37 bc
	T3(ALB.CONV)	24.46 $\pm$ 11.16 abc
	T4*SNA.CONV)	19.57 $\pm$ 4.54 abc
120	T1(ALB.TMC)	101.36 $\pm$ 64.35 d
	T2(SNA.TMC)	95.60 $\pm$ 18.19 d
	T3(ALB.CONV)	50.09 $\pm$ 22.85 c
	T4*SNA.CONV)	85.78 $\pm$ 32.29 d

Nota: Medias que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (LSD Fisher,  $p \leq 0.05$ )

Figura 8

Curvas de absorción de nitrógeno (  $[\text{kg.ha}]^{-1}$ ) de plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas durante 120 DDT.



Nota: T1= (Albión-TMC), T2= (San Andreas-TMC), T3= (Albión-CONV), T4= (San Andreas-CONV), DDT= Días después del trasplante

## Fósforo

El fósforo presente en las hojas, muestra la mayor acumulación del elemento durante el ciclo del cultivo con el tratamiento de fertilización micro carbono en las dos variedades evaluadas Albión (T1) y San Andreas (T2) (Figuras 9e y 9f), obteniendo a los 120 DDT una mayor absorción del elemento (T1:  $13.24 \pm 6.96 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T2:  $7.76 \pm 6.75 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T3:  $3.55 \pm 2.04 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T4:  $7.11 \pm 2.63 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) ( $F= 4.45$ ;  $p= 0.0101$ ). El segundo órgano con mayor absorción es el tallo (Figuras 9c y 9d), en donde a partir de los 60 DDT se observa que los tratamientos con fertilización convencional o técnica en las dos variedades Albión y San Andreas (T3 y T4) muestran un incremento (T1:  $0.13 \pm 0.04 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T2:  $0.29 \pm 0.16 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T3:  $0.21 \pm 0.11 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T4:  $0.52 \pm 0.27 \text{ kg. ha}^{-1}$ ), hasta los 120 DDT (T1:  $2.00 \pm 0.88 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T2:  $2.17 \pm 2.01 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T3:  $3.16 \pm 3.10 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T4:  $2.30 \pm 0.46 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) (Tabla 8).

En cuanto a la raíz (Figuras 9a y 9b), se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $F= 5.05$ ;  $p= 0.0056$ ), donde los tratamientos con fertilización micro carbono en las dos variedades Albión (T1) y San Andreas (T2) a partir de los 60 DDT presentan una mayor absorción del elemento con T1:  $0.49 \pm 0.05 \text{ kg. ha}^{-1}$  y T2:  $0.68 \pm 0.04 \text{ kg. ha}^{-1}$  (Tabla 8).

En la flor no se encontraron diferencias estadísticamente significativas tanto a los 90 DDT y 120 DDT ( $p= 0.5083$ ) en la absorción de fósforo (Figuras 9g y 9h).

Tabla 8

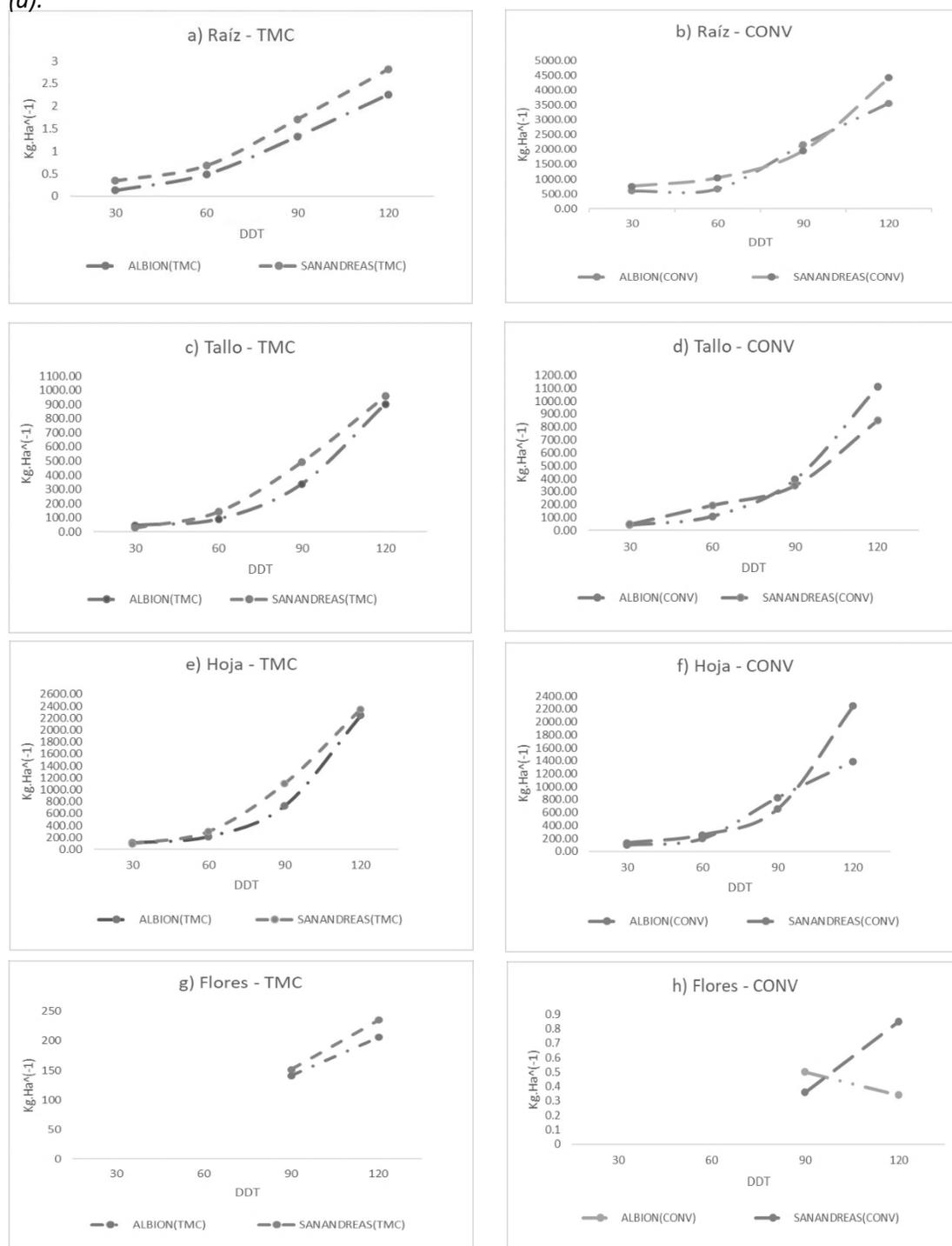
Promedio  $\pm$  desviación estándar de la absorción de fósforo evaluado (  $[(\text{kg. ha})^{-1}]$  ) a los 30, 60, 90 y 120 DDT en cada parte de la planta de frutilla

DDT	Tratamiento	Fósforo			
		Raíz	Tallo	Hojas	Flores
30	T1(ALB.TMC)	0.13 $\pm$ 0.06	0.15 $\pm$ 0.07	0.32 $\pm$ 0.03	-
		a	a	a	
	T2(SNA.TMC)	0.34 $\pm$ 0.11	0.07 $\pm$ 0.01	0.19 $\pm$ 0.14	-
		ab	a	a	
	T3(ALB.CONV)	0.17 $\pm$ 0.04	0.08 $\pm$ 0.03	0.08 $\pm$ 0.05	-
		a	a	a	
	T4*SNA.CONV)	0.17 $\pm$ 0.05	0.05 $\pm$ 0.04	0.19 $\pm$ 0.06	-
		a	a	a	
60	T1(ALB.TMC)	0.49 $\pm$ 0.05	0.13 $\pm$ 0.04	0.35 $\pm$ 0.12	-
		ab	a	a	
	T2(SNA.TMC)	0.68 $\pm$ 0.04	0.29 $\pm$ 0.16	0.77 $\pm$ 0.30	-
		ab	a	a	
	T3(ALB.CONV)	0.36 $\pm$ 0.14	0.21 $\pm$ 0.11	0.54 $\pm$ 0.10	-
		ab	a	a	
	T4*SNA.CONV)	1.07 $\pm$ 0.22	0.52 $\pm$ 0.27	0.68 $\pm$ 0.18	-
		abc	ab	a	
90	T1(ALB.TMC)	1.33 $\pm$ 0.50	0.55 $\pm$ 0.10	2.21 $\pm$ 0.25	0.34 $\pm$ 0.26
		bcd	ab	a	
	T2(SNA.TMC)	1.71 $\pm$ 0.06	1.04 $\pm$ 0.48	3.02 $\pm$ 0.97	0.50 $\pm$ 0.21
		cd	abc	ab	
	T3(ALB.CONV)	1.07 $\pm$ 0.05	0.93 $\pm$ 0.55	3.43 $\pm$ 2.22	0.50 $\pm$ 0.23
		abc	abc	abc	
	T4*SNA.CONV)	0.74 $\pm$ 0.24	0.20 $\pm$ 0.06	0.75 $\pm$ 0.31	0.36 $\pm$ 0.18
		abc	a	a	
120	T1(ALB.TMC)	2.26 $\pm$ 0.91	2.00 $\pm$ 0.88	13.24 $\pm$ 6.96	0.81 $\pm$ 0.36
		de	bcd	d	
	T2(SNA.TMC)	2.82 $\pm$ 2.05	2.17 $\pm$ 2.01	7.76 $\pm$ 6.75	0.63 $\pm$ 0.32
		e	cd	c	
	T3(ALB.CONV)	0.93 $\pm$ 0.19	3.16 $\pm$ 3.10	3.55 $\pm$ 2.04	0.34 $\pm$ 0.12
		abc	d	abc	
	T4*SNA.CONV)	2.74 $\pm$ 0.67	2.30 $\pm$ 0.46	7.11 $\pm$ 2.63	0.85 $\pm$ 0.88
		e	cd	bc	

Nota: Medias que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (LSD Fisher,  $p \leq 0.05$ )

Figura 9

Curvas de absorción de fósforo ( $[\text{kg}\cdot\text{ha}]^{-1}$ ) de plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), Tallo (b), Hoja (c), Flores (d).



Nota: T1= (Albión-TMC), T2= (San Andreas-TMC), T3= (Albión-CONV), T4= (San Andreas-CONV), DDT= Días después del trasplante

## Potasio

Las curvas de absorción de potasio en raíz (Figuras 10a y 10b), no presentan diferencias estadísticamente significativas a los 30 DDT y 60 DDT ( $F= 2.55$ ;  $p= 0.0728$ ), sin embargo, a los 120 DDT, los tratamientos de fertilización micro carbono en variedad San Andreas (T2) y el de fertilización convencional en variedad Albión (T3), mostraron la mayor acumulación de potasio T2:  $3.17 \pm 0.28 \text{ kg. ha}^{-1}$  y T3:  $3.37 \pm 0.09 \text{ kg. ha}^{-1}$  (Tabla 9). En cuanto al tallo (Figuras 9c y 9d), se puede observar una mayor absorción a los 120 DDT en los tratamientos de fertilización convencional en las dos variedades Albión (T3) y San Andreas (T4), (T3:  $1.27 \pm 0.06 \text{ kg. ha}^{-1}$  y T4:  $1.33 \pm 0.31 \text{ kg. ha}^{-1}$ ). A los 120 DDT en las hojas se muestra diferencias significativas entre tratamientos ( $F= 2.93$ ;  $p < 0.05$ ) (Figuras 10e y 10f), donde los tratamientos con fertilización micro carbono en las dos variedades Albión (T1) y San Andreas (T2) muestran mayor acumulación de potasio (T1:  $37.10 \pm 18.39 \text{ kg. ha}^{-1}$  y T2:  $33.96 \pm 8.52 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) (Tabla 9).

La flor (Figuras 10g y 10h), no muestra diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en la cantidad de absorción de potasio ( $F= 0.46$ ;  $p= 0.7130$ ) (Tabla 9).

Tabla 9

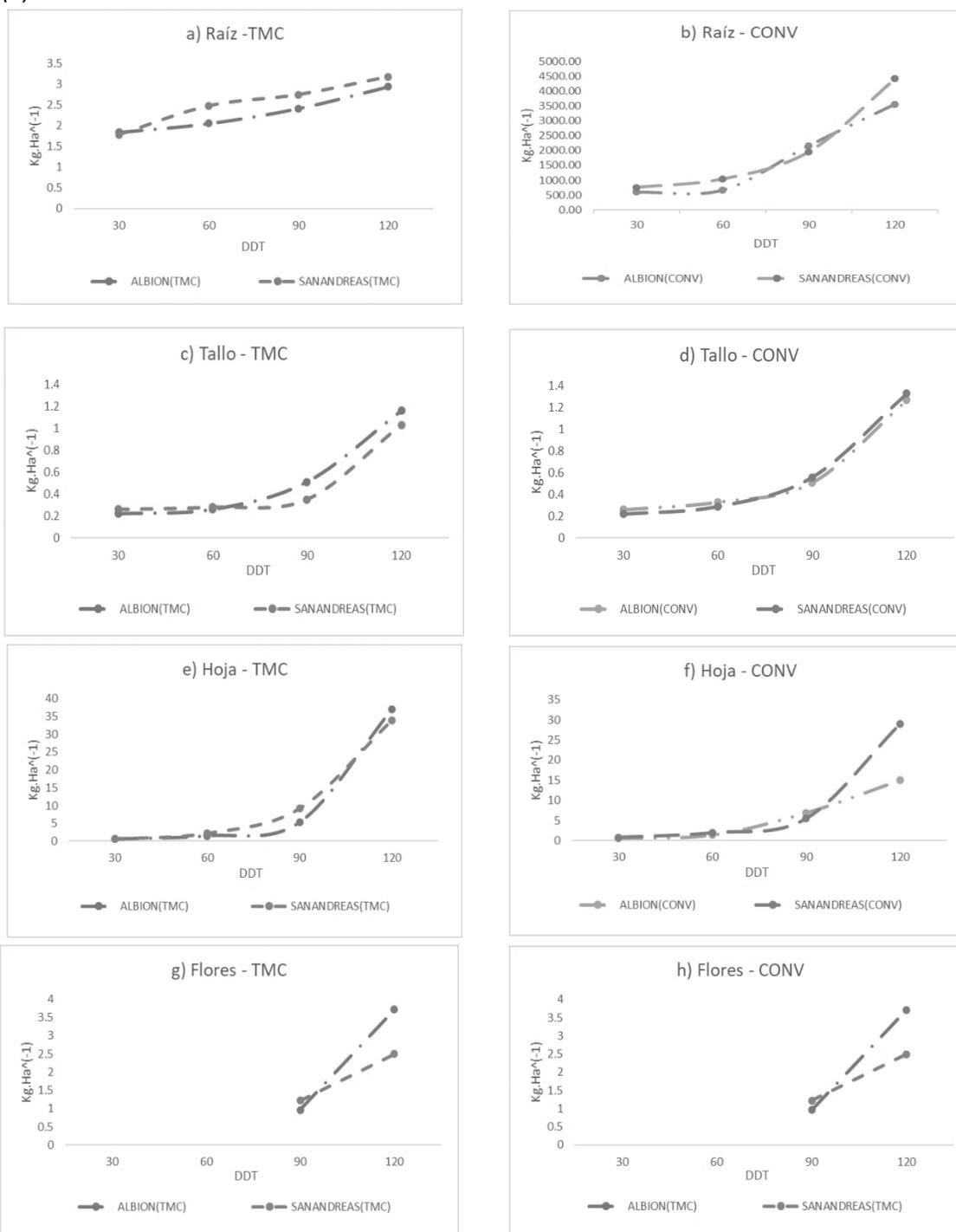
Promedio  $\pm$  desviación estándar de la absorción de potasio evaluado (  $[\text{kg.ha}]^{-1}$ ) a los 30, 60, 90 y 120 DDT en cada parte de la planta de frutilla

DDT	Tratamiento	Potasio			
		Raíz	Tallo	Hojas	Flores
30	T1(ALB.TMC)	1.84 $\pm$ 0.13 a	0.22 $\pm$ 0.02 a	0.57 $\pm$ 0.12 a	-
	T2(SNA.TMC)	1.78 $\pm$ 0.35 a	0.26 $\pm$ 0.04 ab	0.66 $\pm$ 0.36 a	-
	T3(ALB.CONV)	1.99 $\pm$ 0.32 ab	0.26 $\pm$ 0.06 ab	0.64 $\pm$ 0.02 a	-
	T4*SNA.CONV)	2.19 $\pm$ 0.06 bc	0.22 $\pm$ 0.03 a	0.78 $\pm$ 0.09 a	-
60	T1(ALB.TMC)	2.05 $\pm$ 0.22 ab	0.26 $\pm$ 0.04 ab	1.43 $\pm$ 0.34 a	-
	T2(SNA.TMC)	2.47 $\pm$ 0.23 cd	0.28 $\pm$ 0.04 ab	2.30 $\pm$ 0.83 a	-
	T3(ALB.CONV)	2.60 $\pm$ 0.28 de	0.33 $\pm$ 0.02 abc	1.44 $\pm$ 0.08 a	-
	T4*SNA.CONV)	2.47 $\pm$ 0.14 cd	0.29 $\pm$ 0.02 abc	1.92 $\pm$ 0.53 a	-
90	T1(ALB.TMC)	2.41 $\pm$ 0.35 cd	0.51 $\pm$ 0.14 bc	5.25 $\pm$ 1.34 ab	0.96 $\pm$ 0.98
	T2(SNA.TMC)	2.74 $\pm$ 0.01 def	0.35 $\pm$ 0.13 abc	9.25 $\pm$ 2.70 ab	1.22 $\pm$ 0.32
	T3(ALB.CONV)	2.81 $\pm$ 0.27 ef	0.51 $\pm$ 0.09 bc	6.93 $\pm$ 2.50 ab	1.05 $\pm$ 0.43
	T4*SNA.CONV)	2.89 $\pm$ 0.17 efg	0.56 $\pm$ 0.43 c	5.44 $\pm$ 1.21 ab	1.41 $\pm$ 1.03
120	T1(ALB.TMC)	2.93 $\pm$ 0.10 efg	1.16 $\pm$ 0.25 de	37.10 $\pm$ 18.39 c	3.72 $\pm$ 2.66
	T2(SNA.TMC)	3.17 $\pm$ 0.28 gh	1.03 $\pm$ 0.36 d	33.96 $\pm$ 8.52 c	2.50 $\pm$ 0.36
	T3(ALB.CONV)	3.37 $\pm$ 0.09 h	1.27 $\pm$ 0.06 de	14.99 $\pm$ 4.73 b	1.94 $\pm$ 0.57
	T4*SNA.CONV)	3.07 $\pm$ 0.23 fgh	1.33 $\pm$ 0.31 e	28.99 $\pm$ 12.31 c	2.87 $\pm$ 1.30

Nota: Medias que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (LSD Fisher,  $p \leq 0.05$ )

Figura 10

Curvas de absorción de potasio ( $[\text{kg.ha}]^{-1}$ ) de plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), Tallo (b), Hoja (c), Flores (d).



Nota: T1= (Albión-TMC), T2= (San Andreas-TMC), T3= (Albión-CONV), T4= (San Andreas-CONV), DDT= Días después del trasplante

## Calcio

Las curvas de absorción de Ca en raíz (Figuras 11a y 11b), no presenta evidencias significativas a los 30 DDT y 60 DDT ( $F= 1.56$ ;  $p= 0.2184$ ), sin embargo, a partir de los 90 DDT el tratamiento de fertilización micro carbono en variedad San Andreas (T2) presenta la mayor absorción de Ca entre tratamientos (T2:  $5.39 \pm 0.40 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) y 120 DDT (T2:  $6.14 \pm 1.86 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) (Tabla 10). En el tallo (Figuras 11c y 11d), la diferencia en cantidad de absorción de Ca se presenta a los 90 DDT en los tratamientos de fertilización micro carbono en variedad San Andreas (T2) y el de fertilización convencional en variedad Albión (T3) presentan la mayor absorción (T2:  $2.69 \pm 0.87 \text{ kg. ha}^{-1}$  y T3:  $2.21 \pm 0.12 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) esto continua a los 120 DDT (T2:  $6.18 \pm 0.97 \text{ kg. ha}^{-1}$  y T3:  $27.56 \pm 4.19 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) (Tabla 9). La hoja, por su parte presenta diferencias a los 90 DDT ( $F= 13.93$ ;  $p= 0.0186$ ) (Figuras 11e y 11f), donde el tratamiento de fertilización micro carbono en variedad San Andreas muestra la mayor cantidad de absorción de Ca (T2:  $6.28 \pm 2.24 \text{ kg. ha}^{-1}$ ), mientras que a los 120 DDT los tratamientos de mayor absorción son el de fertilización micro carbono en variedad San Andreas (T2) y el de fertilización convencional en variedad San Andreas (T4), (T2:  $15.59 \pm 1.98 \text{ kg. ha}^{-1}$  y T4:  $16.39 \pm 4.56 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) (Tabla 10).

El calcio en la flor no muestra diferencias significativas ( $F= 0.94$ ;  $p= 0.5010$ ) (Tabla 9), sin embargo, se observa que los valores de absorción de los tratamientos con fertilización micro carbono en las dos variedades Albión y San Andreas (T1 y T2 respectivamente) son mayores (Figuras 11g y 11h).

Tabla 10

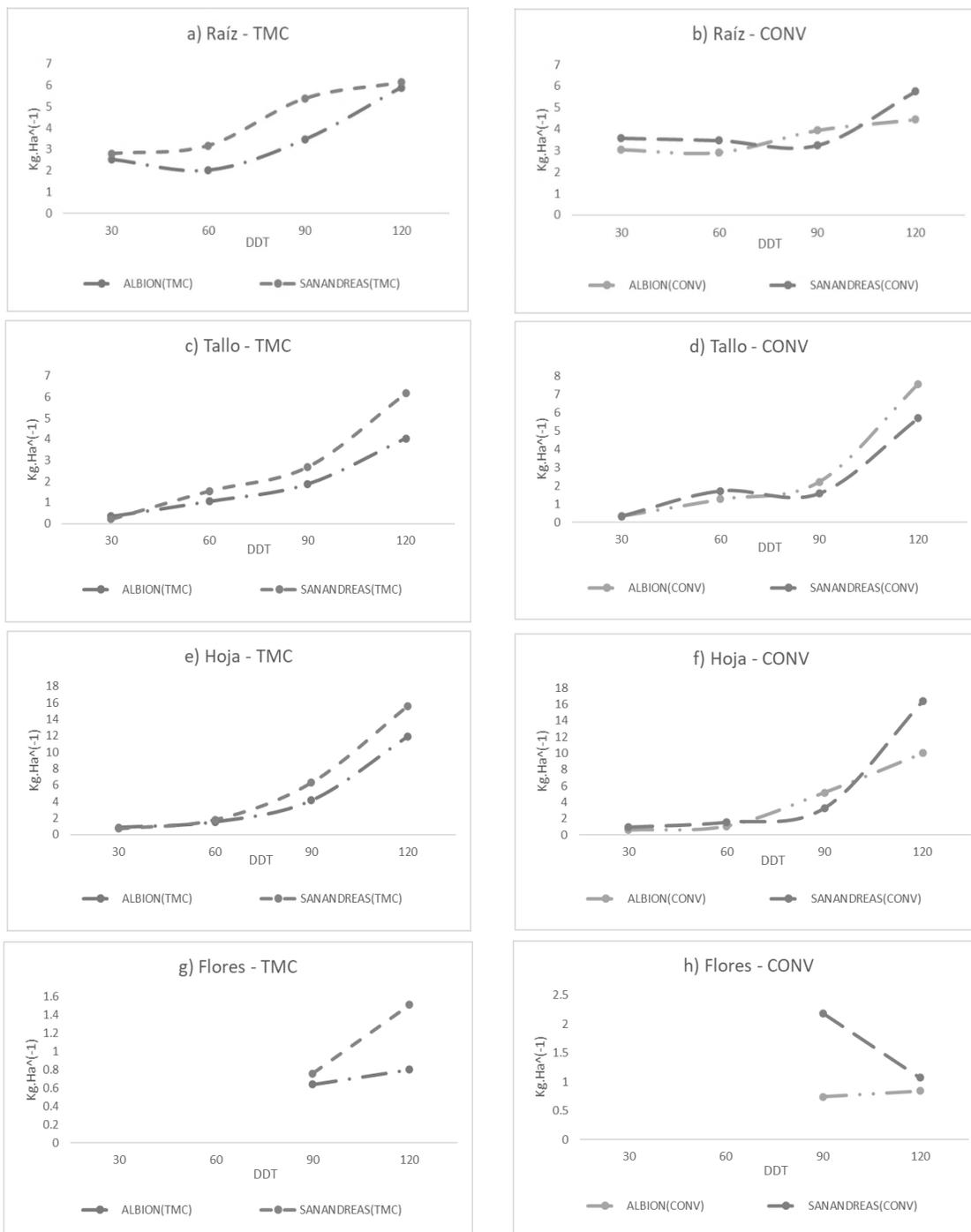
Promedio  $\pm$  desviación estándar de la absorción de calcio evaluado (  $[(\text{kg.ha})^{-1}]$  ) a los 30, 60, 90 y 120 DDT en cada parte de la planta de frutilla

DDT	Tratamiento	Calcio			
		Raíz	Tallo	Hojas	Flores
30	T1(ALB.TMC)	2.54 $\pm$ 0.06 ab	0.35 $\pm$ 0.17 ab	0.86 $\pm$ 0.33 a	-
	T2(SNA.TMC)	2.81 $\pm$ 0.86 abc	0.21 $\pm$ 0.08 a	0.71 $\pm$ 0.32 a	-
	T3(ALB.CONV)	3.04 $\pm$ 1.03 abc	0.33 $\pm$ 0.06 ab	0.58 $\pm$ 0.17 a	-
	T4*SNA.CONV)	3.58 $\pm$ 0.58 abc	0.31 $\pm$ 0.08 ab	0.96 $\pm$ 0.13 ab	-
60	T1(ALB.TMC)	2.03 $\pm$ 0.38 a	1.06 $\pm$ 0.16 abc	1.53 $\pm$ 0.39 ab	-
	T2(SNA.TMC)	3.18 $\pm$ 0.64 abc	1.55 $\pm$ 0.69 abc	1.80 $\pm$ 0.98 ab	-
	T3(ALB.CONV)	2.91 $\pm$ 0.91 abc	1.25 $\pm$ 0.11 abc	1.05 $\pm$ 0.36 ab	-
	T4*SNA.CONV)	3.47 $\pm$ 1.05 abc	1.70 $\pm$ 0.68 abc	1.56 $\pm$ 0.71 ab	-
90	T1(ALB.TMC)	3.46 $\pm$ 0.74 abc	1.88 $\pm$ 0.68 abc	4.13 $\pm$ 0.34 abc	0.64 $\pm$ 0.56 a
	T2(SNA.TMC)	5.39 $\pm$ 0.40 def	2.69 $\pm$ 0.87 cd	6.28 $\pm$ 2.24 cd	0.76 $\pm$ 0.36 a
	T3(ALB.CONV)	3.94 $\pm$ 1.17 bcd	2.21 $\pm$ 0.12 bcd	5.19 $\pm$ 3.42 bc	0.74 $\pm$ 0.56 a
	T4*SNA.CONV)	3.25 $\pm$ 0.80 abc	1.56 $\pm$ 0.42 abc	3.31 $\pm$ 1.00 abc	2.18 $\pm$ 2.13 a
120	T1(ALB.TMC)	5.89 $\pm$ 1.78 ef	4.04 $\pm$ 1.06 de	11.92 $\pm$ 5.94 ef	0.80 $\pm$ 0.21 a
	T2(SNA.TMC)	6.14 $\pm$ 1.86 f	6.18 $\pm$ 0.97 f	15.59 $\pm$ 1.98 fg	1.51 $\pm$ 0.82 a
	T3(ALB.CONV)	4.44 $\pm$ 1.45 cde	7.56 $\pm$ 4.19 f	10.01 $\pm$ 4.64 de	0.84 $\pm$ 0.39 a
	T4*SNA.CONV)	5.75 $\pm$ 1.08 ef	5.69 $\pm$ 0.48 ef	16.39 $\pm$ 4.56 g	1.07 $\pm$ 0.95 a

Nota: Medias que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (LSD Fisher,  $p \leq 0.05$ )

Figura 11

Curvas de absorción de calcio ( $[\text{kg.ha}]^{-1}$ ) de plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), Tallo (b), Hoja (c), Flores (d).



Nota: T1= (Albión-TMC), T2= (San Andreas-TMC), T3= (Albión-CONV), T4= (San Andreas-CONV), DDT= Días después del trasplante

## Magnesio

Las Figuras 12a y 12b corresponden a las curvas de absorción de magnesio en raíz; donde se observa diferencias estadísticamente significativas a los 30 DDT ( $F= 12.70$ ;  $p < 0.05$ ), donde los tratamientos de fertilización convencional en las dos variedades Albión y San Andreas (T3 y T4) tienen la mayor acumulación de Mg (T3:  $1.45 \pm 0.48 \text{ kg. ha}^{-1}$  y T4:  $1.89 \pm 0.18 \text{ kg. ha}^{-1}$ ), sin embargo, a los 120 DDT el tratamiento de fertilización micro carbono y variedad San Andreas (T2) es el de mayor absorción de Mg (T2:  $3.67 \pm 0.67 \text{ kg. ha}^{-1}$ ). En el tallo (Figuras 12c y 12d), no se encontró diferencias estadísticamente significativas ( $F= 2.93$ ;  $p= 0.6623$ ), sin embargo, se puede observar que los tratamientos de fertilización convencional en la variedad Albión (T3) y el de fertilización micro carbono en la variedad San Andreas (T2) presentan la mayor absorción al terminar el ciclo del cultivo (T3:  $3.58 \pm 1.77 \text{ kg. ha}^{-1}$  y T2:  $3.08 \pm 0.64 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) (Tabla 10).

Las curvas de absorción de hojas (Figuras 12e y 12f) no presentan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $F= 3.31$ ;  $p > 0.05$ ), sin embargo, se puede observar que el tratamiento de mayor absorción de Mg en todo el ciclo del cultivo es el de fertilización micro carbono en variedad Albión (T1:  $9.29 \pm 6.26 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) (Tabla 10).

Finalmente, en las curvas de absorción de Mg en flor (Figuras 12g y 12h), no se encontró diferencias estadísticas significativas ( $F= 0.91$ ;  $p= 0.5234$ ) (Tabla 11).

Tabla 11

Promedio  $\pm$  desviación estándar de la absorción de magnesio evaluado (  $[(\text{kg.ha})^{-1}]$  ) a los

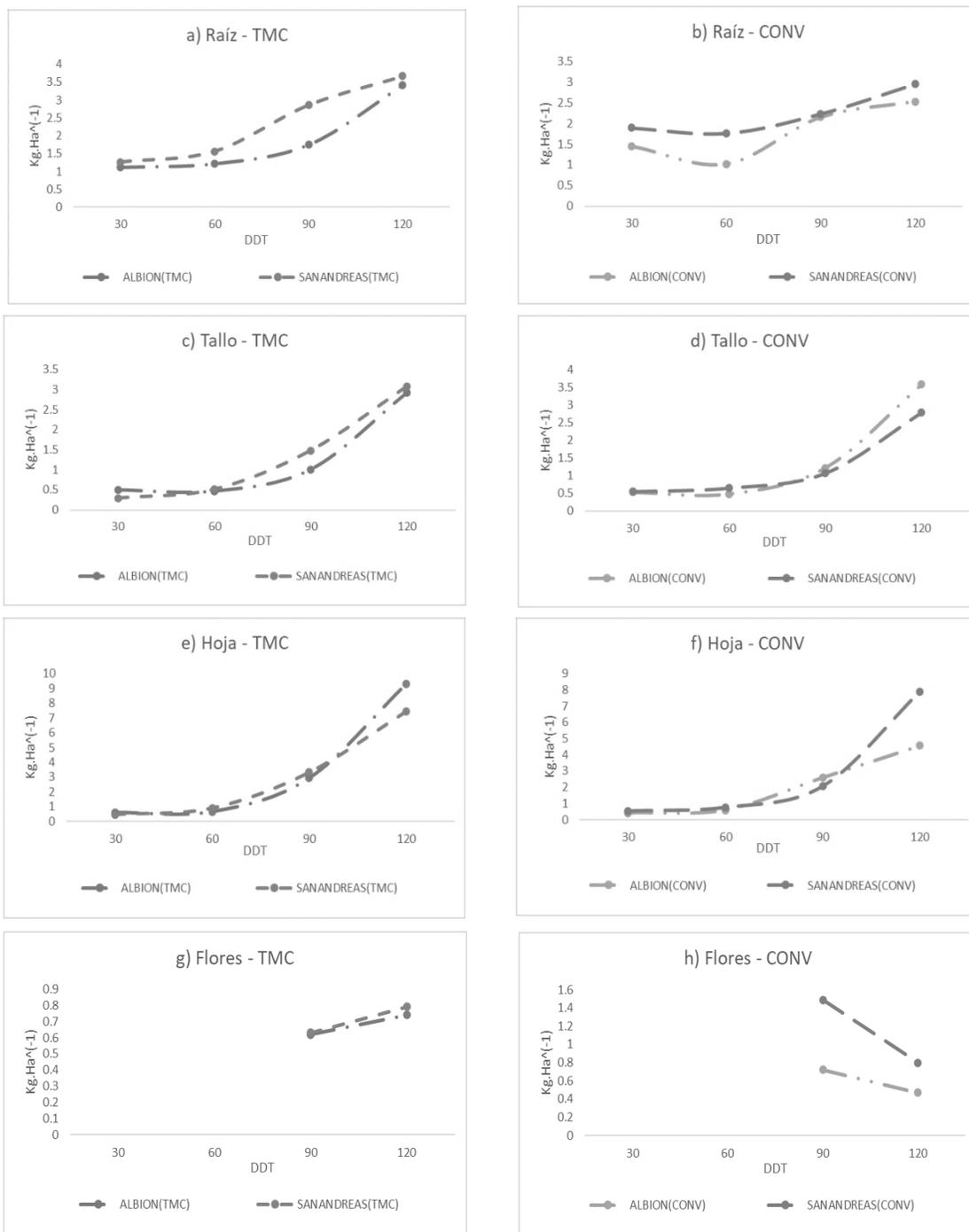
30, 60, 90 y 120 DDT en cada parte de la planta de frutilla

DDT	Tratamiento	Magnesio			
		Raíz	Tallo	Hojas	Flores
<b>30</b>	T1(ALB.TMC)	1.12 $\pm$ 0.09 a	0.50 $\pm$ 0.14 a	0.60 $\pm$ 0.14 a	-
	T2(SNA.TMC)	1.26 $\pm$ 0.38 ab	0.29 $\pm$ 0.17 a	0.46 $\pm$ 0.13 a	-
	T3(ALB.CONV)	1.45 $\pm$ 0.48 abc	0.53 $\pm$ 0.04 ab	0.41 $\pm$ 0.14 a	-
	T4*SNA.CONV)	1.89 $\pm$ 0.18 bcde	0.55 $\pm$ 0.06 ab	0.53 $\pm$ 0.08 a	-
<b>60</b>	T1(ALB.TMC)	1.22 $\pm$ 0.15 ab	0.47 $\pm$ 0.06 a	0.66 $\pm$ 0.18 a	-
	T2(SNA.TMC)	1.56 $\pm$ 0.15 abcd	0.51 $\pm$ 0.02 a	0.89 $\pm$ 0.32 a	-
	T3(ALB.CONV)	1.02 $\pm$ 0.16 a	0.48 $\pm$ 0.03 a	0.59 $\pm$ 0.02 a	-
	T4*SNA.CONV)	1.76 $\pm$ 0.53 abcd	0.65 $\pm$ 0.28 ab	0.75 $\pm$ 0.20 a	-
<b>90</b>	T1(ALB.TMC)	1.75 $\pm$ 0.23 abcd	1.01 $\pm$ 0.26 ab	2.92 $\pm$ 1.15 ab	0.62 $\pm$ 0.28 a
	T2(SNA.TMC)	2.86 $\pm$ 0.06 fgh	1.48 $\pm$ 0.43 b	3.31 $\pm$ 0.83 ab	0.63 $\pm$ 0.17 a
	T3(ALB.CONV)	2.15 $\pm$ 0.56 cdef	1.22 $\pm$ 0.24 ab	2.59 $\pm$ 1.20 ab	0.72 $\pm$ 0.54 a
	T4*SNA.CONV)	2.23 $\pm$ 0.61 defg	1.07 $\pm$ 0.13 ab	2.06 $\pm$ 0.26 ab	1.49 $\pm$ 1.33 a
<b>120</b>	T1(ALB.TMC)	3.41 $\pm$ 0.76 hi	2.92 $\pm$ 1.22 c	9.29 $\pm$ 6.26 d	0.74 $\pm$ 0.11 a
	T2(SNA.TMC)	3.67 $\pm$ 0.67 i	3.08 $\pm$ 0.64 c	7.44 $\pm$ 0.51 cd	0.79 $\pm$ 0.25 a
	T3(ALB.CONV)	2.53 $\pm$ 0.08 efg	3.58 $\pm$ 1.77 c	4.56 $\pm$ 2.06 bc	0.47 $\pm$ 0.12 a
	T4*SNA.CONV)	2.95 $\pm$ 0.19 ghi	2.78 $\pm$ 0.25 c	7.90 $\pm$ 2.84 d	0.80 $\pm$ 0.50 a

Nota: Medias que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (LSD Fisher,  $p \leq 0.05$ )

Figura 12

Curvas de absorción de magnesio ( $[\text{kg.ha}]^{-1}$ ) de plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas en las diferentes partes de la planta, durante 120 DDT. Raíz (a), Tallo (b), Hoja (c), Flores (d).



Nota: T1= (Albión-TMC), T2= (San Andreas-TMC), T3= (Albión-CONV), T4= (San Andreas-CONV), DDT= Días después del trasplante

## **Extracción Total**

### **Fertilización Líquida (TMC)**

#### **Variedad Albión**

En la tabla 12, se muestran las cantidades extraídas por cada parte de la planta de los principales nutrientes evaluados (N, P, K, Ca, Mg) durante los 120 días de duración del cultivo de frutilla var. Albión (T1), correspondiente a la fertilización líquida TMC.

La dinámica de absorción total en las plantas de esta variedad fue de la siguiente manera:  $N > K > Ca > Mg > P$ , siendo el nitrógeno el elemento con mayor extracción ( $295.32 \text{ kg. ha}^{-1}$ ), seguido del potasio ( $262.57 \text{ kg. ha}^{-1}$ ). Esta dinámica de absorción es similar en cada una de las partes individuales exceptuando la presencia de nitrógeno al solamente haber sido evaluada en las hojas, es decir,  $K > Ca > Mg > P$ .

En cuanto al órgano con mayor acumulación de nutrientes es la hoja donde el nitrógeno predomina como el elemento más absorbido ( $295.32 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) seguido del potasio ( $116.74 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) (Tabla 12).

**Tabla 12**

*Absorción total de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) en  $[\text{kg.ha}]^{-1}$  por órgano de la planta de frutilla variedad Albión durante 120 DDT con fertilización TMC (T1)*

Parte de la planta	N	P	K	Ca	Mg	X
	kg. ha <sup>-1</sup>					
<b>Raíz</b>	-	16.39	64.05	56.86	15.45	38.19
<b>Tallo</b>	-	12.96	74.06	43.36	32.57	40.74
<b>Hojas</b>	295.32	45.97	116.74	88.05	56.38	120.49
<b>Flores</b>	-	2.4	7.72	3.06	3.39	4.14
<b>Total</b>	295.32	77.72	262.57	191.33	107.79	203.56

La tabla 12 muestra las frecuencias de acumulación (relativa y acumulada), del total de absorción en porcentaje de cada uno de los elementos (N, P, K, Ca, Mg), en plantas de frutilla var. Albión durante 120 días con fertilización micro carbono (TMC).

El nitrógeno, fósforo y potasio muestran una acumulación constante durante todo el ciclo de cultivo siendo la más alta a los 120 DDT con 78.14%, 75.38% y 74.34% respectivamente, mientras que el calcio y magnesio, presentan la mayor acumulación a los 90 DDT con 24.59% de Ca y 23.13% de Mg (Tabla 13).

**Tabla 13**

*Acumulación relativa de N, P, K, Ca, Mg en frutilla var. Albión con fertilizante micro carbono (TMC) durante 120 DDT (T1)*

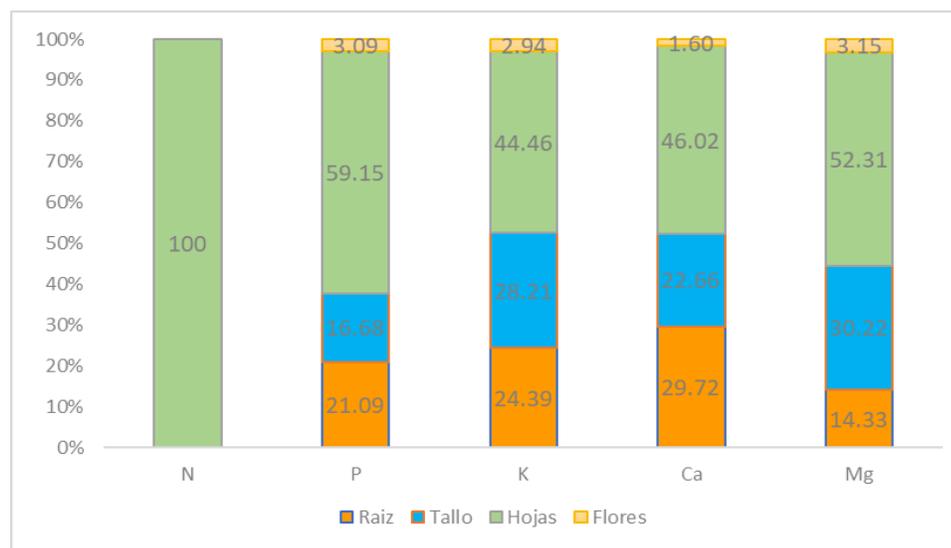
<b>DDT</b>	<b>Nitrógeno</b>		<b>Fósforo</b>		<b>Potasio</b>		<b>Calcio</b>		<b>Magnesio</b>	
	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac
<b>30</b>	2.07	2.07	2.48	2.48	4.36	4.36	9.12	9.12	8.16	8.16
<b>60</b>	4.51	6.58	3.95	6.43	6.19	10.55	11.25	20.36	8.61	16.77
<b>90</b>	15.29	21.86	18.19	24.62	15.11	25.66	24.59	44.95	23.13	39.90
<b>120</b>	78.14	100.00	75.38	100.00	74.34	100.00	55.05	100.00	60.10	100.00

*Nota: Rel= Frecuencia Relativa; Ac= Frecuencia Acumulada*

Al haber obtenido los valores totales de la absorción de nutrientes por órgano, se obtuvieron los porcentajes de acumulación de nutrientes en plantas de frutilla var. Albión, donde se puede observar que la hoja y la raíz fueron los órganos con mayor acumulación de cada nutriente (Figura 13).

**Figura 13**

*Acumulación porcentual de nutrientes en cada parte de la planta de frutilla var. Albión con fertilización micro carbono (T1)*



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

### **Variedad San Andreas**

En la tabla 14, 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. San Andreas (T2), correspondiente a la fertilización líquida TMC.

La dinámica de absorción total en las plantas de la variedad San Andreas fue de la siguiente manera: N > K > Ca > Mg > P, siendo el nitrógeno el elemento con mayor extracción ( $402.81 \text{ kg. ha}^{-1}$ ), seguido del potasio ( $312.33 \text{ kg. ha}^{-1}$ ). Esta dinámica de absorción es similar en cada una de las partes individuales exceptuando la presencia de nitrógeno al solamente haber sido evaluada en las hojas, es decir, K > Ca > Mg > P.

La hoja es el órgano principal que posee la mayor acumulación de nutrientes donde el nitrógeno predomina como el elemento más absorbido ( $402.81 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) seguido del potasio ( $141.76 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) (Tabla 14).

**Tabla 14**

*Absorción total de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) en  $[\text{kg. ha}]^{-1}$  por órgano de la planta de frutilla variedad San Andreas durante 120 DDT con fertilización TMC (T2)*

Parte de la planta	N	P	K	Ca	Mg	X
	$\text{kg. ha}^{-1}$					
<b>Raíz</b>	-	15.34	88.62	73.96	37.72	53.91
<b>Tallo</b>	-	11.66	74.72	49.17	31.83	41.85
<b>Hojas</b>	402.81	31.18	141.76	98.39	55.1	145.85
<b>Flores</b>	-	1.88	7.23	4.43	2.9	4.11
<b>Total</b>	402.81	60.06	312.33	225.95	127.55	245.71

En la tabla 15 se puede observar las frecuencias de acumulación (relativa y acumulada), del total de absorción en porcentaje de cada uno de los elementos (N, P, K, Ca, Mg), en plantas de frutilla var. San Andreas durante 120 días con fertilización micro carbono (TMC).

El potasio, nitrógeno y fósforo muestran una acumulación constante durante todo el ciclo de cultivo siendo la más alta a los 120 DDT con 65.61%, 64.73% y 60.85% respectivamente, mientras que el calcio y magnesio, presentan la mayor acumulación a los 60 DDT con 11.91% de Ca y 10.51% de Mg (Tabla 15).

**Tabla 15**

*Acumulación relativa de N, P, K, Ca, Mg en frutilla var. San Andreas con fertilizante micro carbono (TMC) durante 120 DDT (T2)*

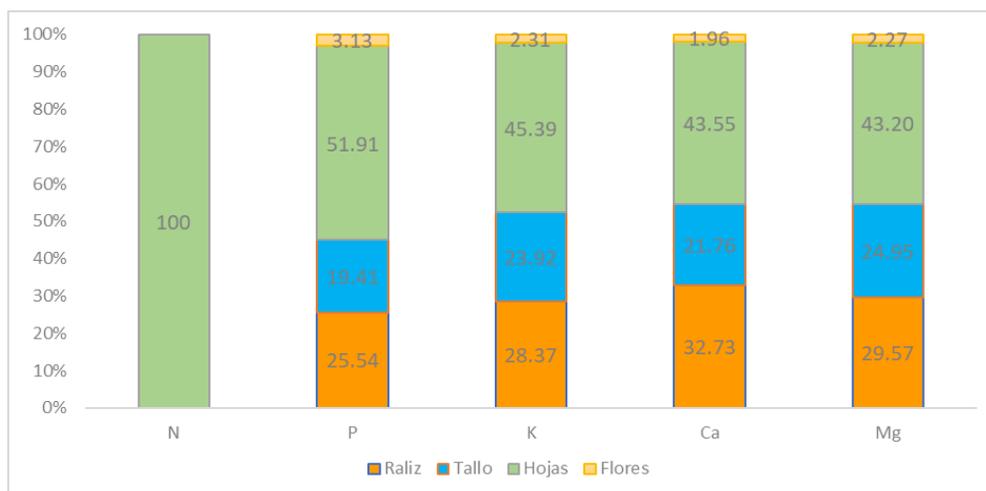
DDT	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio	
	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac
<b>30</b>	1.76	1.76	2.75	2.75	4.35	4.36	6.80	6.80	7.11	7.11
<b>60</b>	6.09	7.85	7.87	10.63	8.15	12.51	11.91	18.71	10.51	17.62
<b>90</b>	27.42	35.27	28.51	39.14	21.87	34.38	27.59	46.30	29.31	46.93
<b>120</b>	64.73	100.00	60.85	100.00	65.61	100.00	53.70	100.00	53.07	100.00

*Nota: Rel= Frecuencia Relativa; Ac= Frecuencia Acumulada*

Al tener los valores totales de absorción de nutrientes por órgano, se obtuvieron los porcentajes de acumulación de nutrientes en plantas de frutilla var. San Andreas, donde se puede observar que la hoja y la raíz fueron los órganos con mayor acumulación de cada nutriente (Figura 14).

**Figura 14**

*Acumulación porcentual de nutrientes en cada parte de la planta de frutilla var. San Andreas con fertilización micro carbono (T2)*



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

## Fertilización convencional o técnica (CONV)

### Variedad Albión

En la tabla 16, se detallan las cantidades extraídas en cada órgano de la planta de los principales nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) hasta los 120 días del cultivo de frutilla var. Albión (T3), correspondiente a la fertilización convencional o técnica.

La dinámica de absorción total que presentó este tratamiento fue de la siguiente manera:  $N > K > Ca > Mg > P$ , siendo el nitrógeno el que posee la mayor absorción ( $273.36 \text{ kg. ha}^{-1}$ ), esta misma dinámica se repite en cada órgano individualmente con la excepción del nitrógeno ya que solo fue evaluada en la hoja (Tabla 16).

La hoja presenta la mayor acumulación de nutrientes, predominando el nitrógeno y potasio con  $273.36 \text{ kg. ha}^{-1}$  y  $85.05 \text{ kg. ha}^{-1}$  respectivamente.

**Tabla 16**

*Absorción total de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) en  $[\text{kg. ha}]^{-1}$  por órgano de la planta de frutilla variedad Albión durante 120 DDT con fertilización Convencional (T3)*

Parte de la planta	N	P	K	Ca	Mg	X
<b>Raíz</b>	-	12.3	68.99	59.81	28.33	42.36
<b>Tallo</b>	-	14.67	96.86	53.46	39.16	51.04
<b>Hojas</b>	273.36	25.02	85.05	61.48	33.64	95.71
<b>Flores</b>	-	1.48	6.16	3.21	2.49	3.34
<b>Total</b>	273.36	53.47	257.06	177.96	103.62	192.44

La tabla 17 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. Albión durante los 120 días de evaluación, con fertilización convencional (CONV).

El nitrógeno y potasio, muestran una acumulación mayor a los 120 DDT con el 60.37% y 53.72% respectivamente, mientras que el fósforo y magnesio presentan su mayor acumulación a los 90 DDT con el 38.61% (P), 29.93% (Mg). Finalmente, el Ca acumula la mayor cantidad a los 60 DDT con el 11.81% (Tabla 16).

**Tabla 17**

*Acumulación relativa de N, P, K, Ca, Mg en frutilla var. Albión con fertilizante convencional (CONV) durante 120 DDT (T3)*

DDT	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio	
	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac
<b>30</b>	2.96	2.96	2.15	2.15	7.20	7.20	8.98	8.98	10.73	10.73
<b>60</b>	7.18	10.14	7.27	9.42	10.90	18.10	11.81	20.79	9.34	20.07
<b>90</b>	29.48	39.63	38.61	48.03	28.18	46.28	27.40	48.19	29.93	50.00
<b>120</b>	60.37	100.00	51.97	100.00	53.72	100.00	51.81	100.00	50.00	100.00

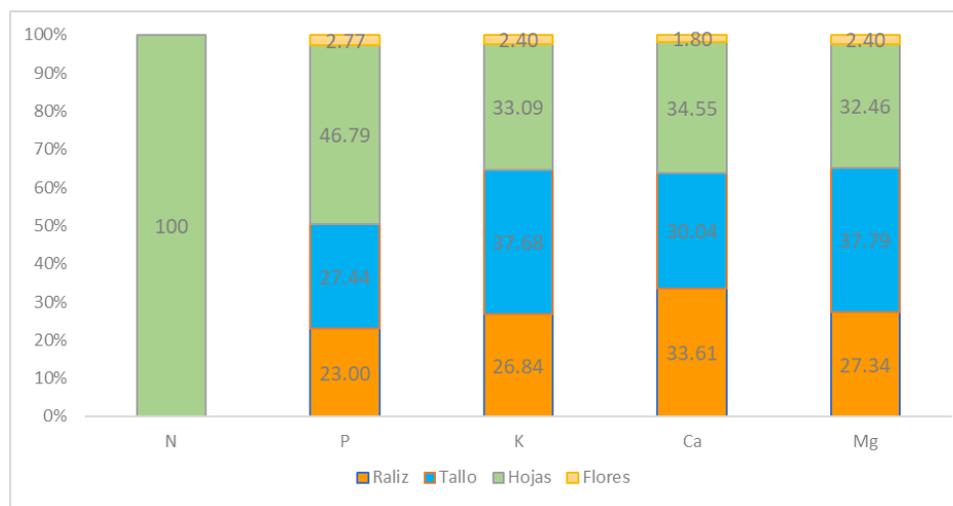
*Nota: Rel= Frecuencia Relativa; Ac= Frecuencia Acumulada*

Una vez se obtuvieron los valores totales por órgano de la absorción de nutrientes de plantas de frutilla var. Albión se dispuso a convertirlos en porcentajes de acumulación de los nutrientes.

Se destaca que las hojas y el tallo son las partes principales con mayor acumulación de nutrientes (Figura 15).

**Figura 15**

*Acumulación porcentual de nutrientes en cada parte de la planta de frutilla var. Albión con fertilización convencional (T3)*



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

### **Variedad San Andreas**

En la tabla 18, se detallan las cantidades extraídas en cada órgano de la planta de los principales nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) hasta los 120 días del cultivo de frutilla var. San Andreas (T4), correspondiente a la fertilización convencional o técnica.

La dinámica de absorción total que presentó este tratamiento fue de la siguiente manera:  $N > K > Ca > Mg > P$ , siendo el nitrógeno el que posee la mayor absorción ( $354.52 \text{ kg. ha}^{-1}$ ), esta misma dinámica se repite en cada órgano individualmente con la excepción del nitrógeno ya que solo fue evaluada en la hoja (Tabla 18).

La hoja presenta la mayor acumulación de nutrientes, predominando el nitrógeno y potasio con  $354.52 \text{ kg. ha}^{-1}$  y  $113.46 \text{ kg. ha}^{-1}$  respectivamente.

**Tabla 18**

*Absorción total de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) en  $[\text{kg.ha}]^{-1}$  por órgano de la planta de frutilla variedad San Andreas durante 120 DDT con fertilización Convencional (T4)*

Parte de la planta	N	P	K	Ca	Mg	X
	kg. ha <sup>-1</sup>					
<b>Raíz</b>	-	11.37	82.13	64.99	35.56	48.51
<b>Tallo</b>	-	6.94	83.57	39.84	31.18	40.38
<b>Hojas</b>	354.52	17.17	113.46	83.71	44.84	122.74
<b>Flores</b>	-	2.01	8.65	6.25	4.47	5.35
<b>Total</b>	354.52	37.49	287.81	194.79	116.05	216.98

La tabla 19 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. San Andreas durante los 120 días de evaluación, con fertilización convencional (CONV).

El nitrógeno, fósforo y potasio, muestran una acumulación mayor a los 120 DDT con el 73.11%, 73.41% y 66.62% respectivamente, mientras que el calcio y magnesio presentan su mayor acumulación a los 30 DDT con el 9.56% (Ca), 10.82% (Mg) (Tabla 19).

**Tabla 19**

*Acumulación relativa de N, P, K, Ca, Mg en frutilla var. San Andreas con fertilizante convencional (CONV) durante 120 DDT (T4)*

DDT	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio	
	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac	Rel	Ac
<b>30</b>	3.21	3.21	2.284	2.28	5.849	5.85	9.56	9.56	10.82	10.82
<b>60</b>	7.00	10.21	12.75	15.03	8.607	14.46	13.25	22.80	11.52	22.34
<b>90</b>	16.68	26.89	11.55	26.59	18.92	33.38	20.30	43.10	24.99	47.33
<b>120</b>	73.11	100.00	73.401	100.00	66.62	100.00	56.90	100.00	52.67	100.00

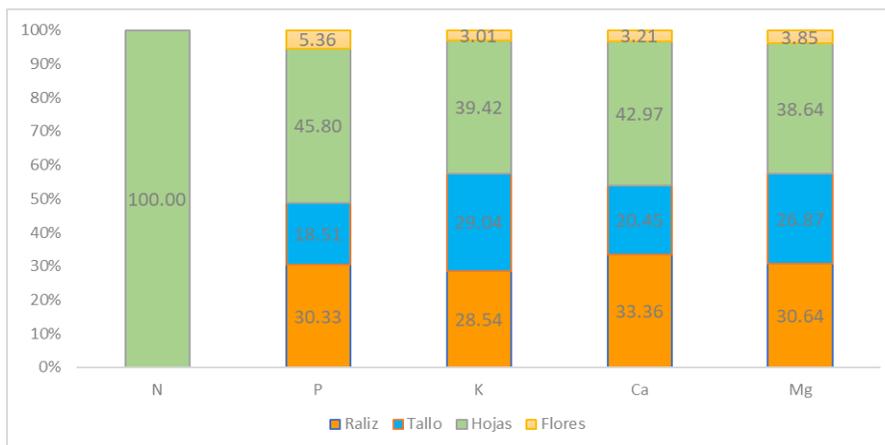
*Nota: Rel= Frecuencia Relativa; Ac= Frecuencia Acumulada*

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

Se destaca que las hojas y la raíz son las partes principales con mayor acumulación de nutrientes (Figura 16).

**Figura 16**

*Acumulación porcentual de nutrientes en cada parte de la planta de frutilla var. San Andreas con fertilización convencional (T4)*



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

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

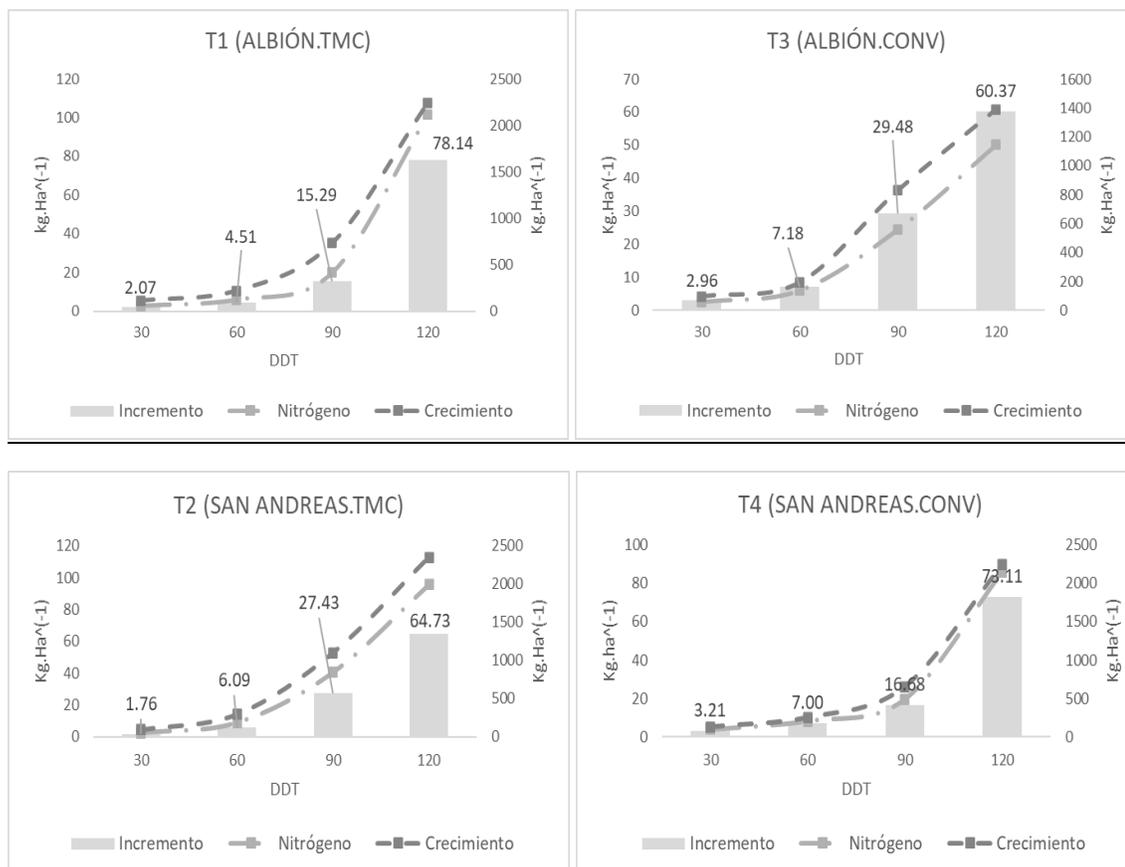
### **Nitrógeno**

En la figura 17, se muestra la relación entre la absorción de nitrógeno total y el crecimiento del cultivo durante 120 días de evaluación, para todos los tratamientos tanto de fertilización líquida TMC como para fertilización convencional, se puede observar que el crecimiento mantiene un incremento constante durante todo el ciclo.

La mayor demanda de nitrógeno se da desde los 90 días hasta los 120 días, ya que en estas fechas se presenta el mayor incremento en absorción de este elemento en los tratamientos de fertilización micro carbono en variedad Albión (T1), y en variedad San Andreas (T2) así como los tratamientos de fertilización convencional en variedad Albión (T3) y en variedad San Andreas (T4), (T1: 15.29%, T2: 27.43%, T3: 29.48%, T4: 16.58%), pasando de 5.85 a 19.83  $kg. ha^{-1}$  en el T1, de 8.99 a 40.50  $kg. ha^{-1}$  en el T2, de 5.96 a 24.46  $kg. ha^{-1}$  en el T3 y de 8.21 a 19.57  $kg. ha^{-1}$  en el T4 (Figura 17).

Figura 17

Curvas de relación entre el crecimiento de la planta y la extracción total de nitrógeno en plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas desarrolladas bajo dos fertilizaciones: Tecnología micro carbono (TMC) y Convencional o técnica (CONV)



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

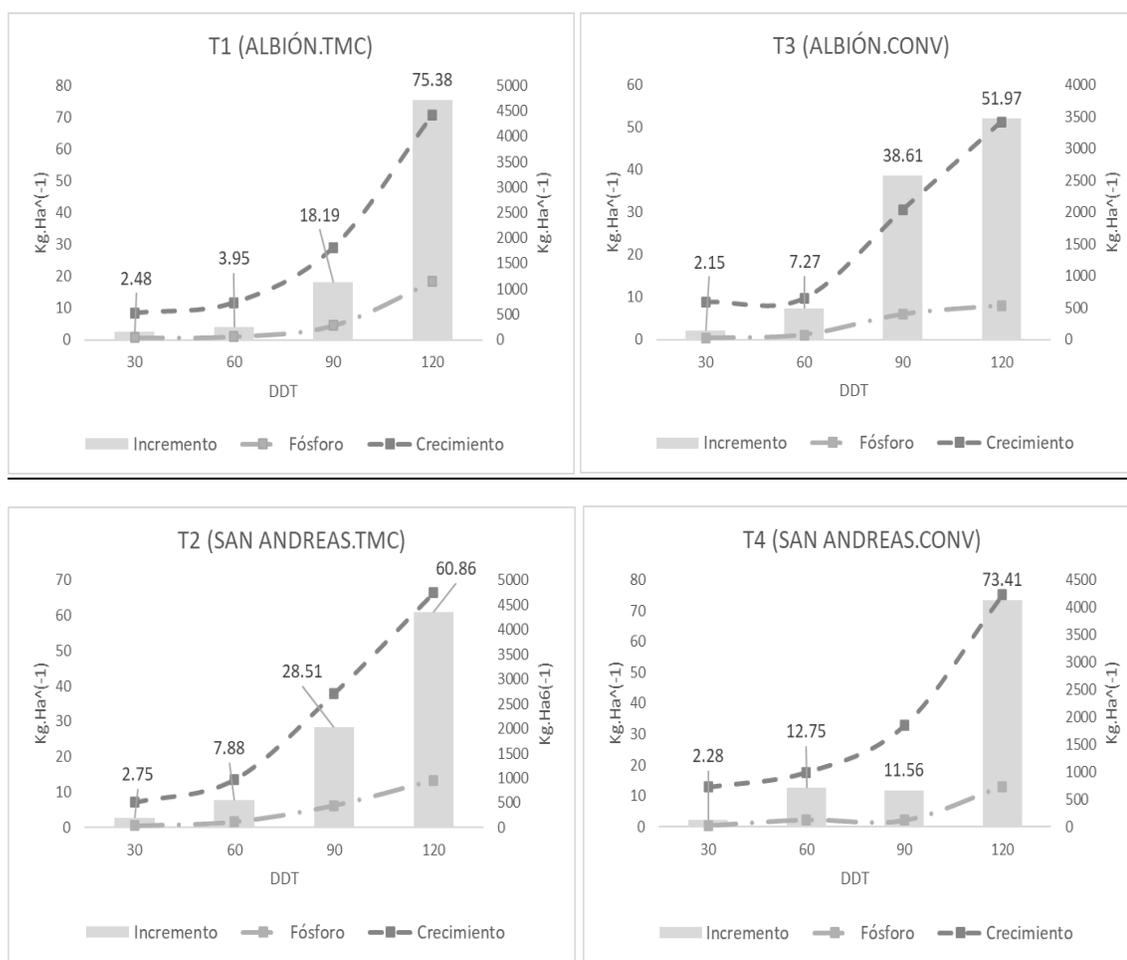
## Fósforo

La figura 18 muestra la relación entre el crecimiento de las plantas de frutilla y la acumulación de fósforo en los distintos tratamientos, se puede observar que el crecimiento aumenta durante las etapas de desarrollo, la mayor demanda de fósforo, se presentó desde los 90 días hasta los 120 días, donde el tratamiento con fertilización micro carbono en variedad Albión (T1) acumula el 18.19%, T2 el 28.31%, T3 el 38.61% y T4 el 11.56% de este elemento, coincidiendo con la época de floración.

También se puede notar que a los 120 DDT la acumulación del fósforo presenta una reducción en el tratamiento T3 con un -2.35%. (Figura 18)

**Figura 18**

*Curvas de relación entre el crecimiento de la planta y la extracción total de fósforo en plantas de frutilla variedades Albi3n y San Andreas desarrolladas bajo dos fertilizaciones: Tecnología micro carbono (TMC) y Convencional o t3cnica (CONV)*



*Nota: Los valores dentro de las barras, representan el porcentaje de incremento de acumulaci3n de nutrientes*

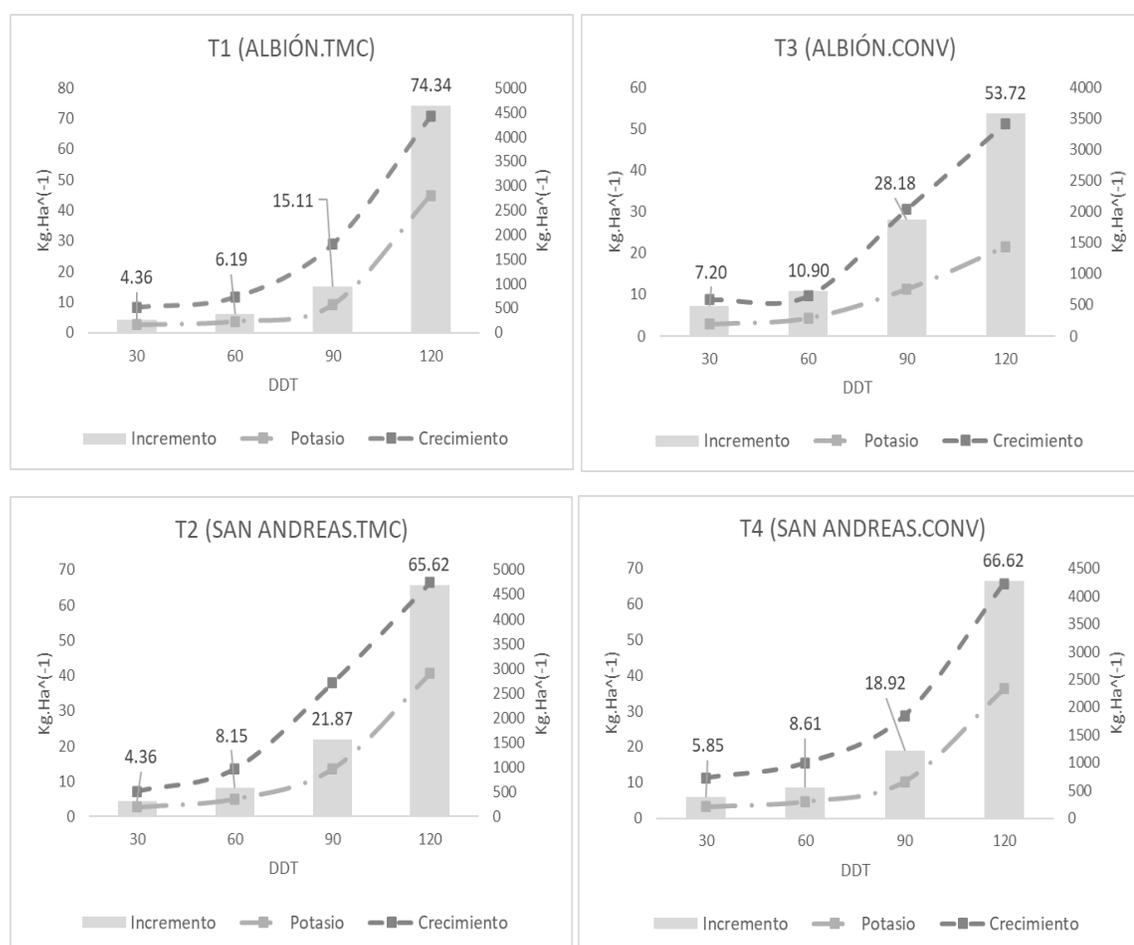
## Potasio

La figura 19 muestra la din3mica entre el crecimiento y la absorci3n de potasio de las plantas de frutilla durante 120 d3as de evaluaci3n.

La mejor época de aplicación de potasio es entre los 60 a 90 días del cultivo, ya que se observa que existe un incremento en todos los tratamientos pasando de 6.29% a 15.11% en T1, de 8.15% a 21.87% en T2, de 10.90% a 28.18% en T3 y de 8.61% a 18.92% en T4, hasta llegar a los 120 días donde se evidencia la mayor acumulación en T1 de 74.4%, T2 de 65.62%, T3 de 53.72% y T4 de 66.62% de potasio (Figura 19).

**Figura 19**

*Curvas de relación entre el crecimiento de la planta y la extracción total de potasio en plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas desarrolladas bajo dos fertilizaciones: Tecnología micro carbono (TMC) y Convencional o técnica (CONV)*



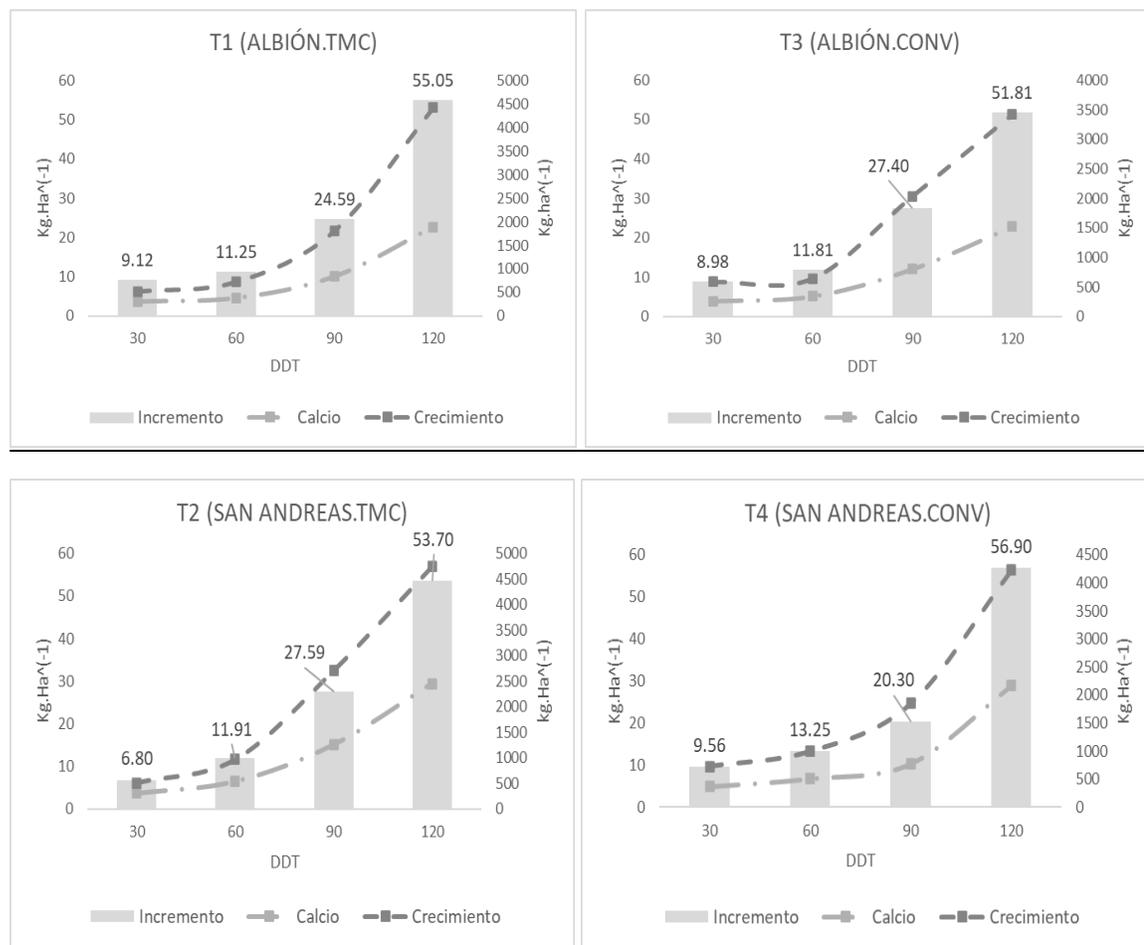
*Nota: Los valores dentro de las barras, representan el porcentaje de incremento de acumulación de nutrientes*

**Calcio**

Como se observa en la figura 20, se presenta la relación entre el crecimiento y la acumulación de calcio para los tratamientos de fertilización micro carbono y fertilización convencional, en donde el mayor incremento de absorción de calcio se presenta a partir de los 60 días en todos los tratamientos tanto de fertilización micro carbono en variedad Albión (T1) y en variedad San Andreas (T2) así como en los de fertilización convencional en variedad Albión (T3) y en variedad San Andreas (T4), (T1: 11.25%, T2: 11.91%, T3: 11.81%, T4: 13.25%) hasta llegar a los 120 días después del trasplante donde existe un incremento en cada tratamiento de 55.05% en T1, 53.70% en T2, 51.81% en T3 y 56.905 en T4 (Figura 20).

Figura 20

Curvas de relación entre el crecimiento de la planta y la extracción total de calcio en plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas desarrolladas bajo dos fertilizaciones: Tecnología micro carbono (TMC) y Convencional o técnica (CONV)



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

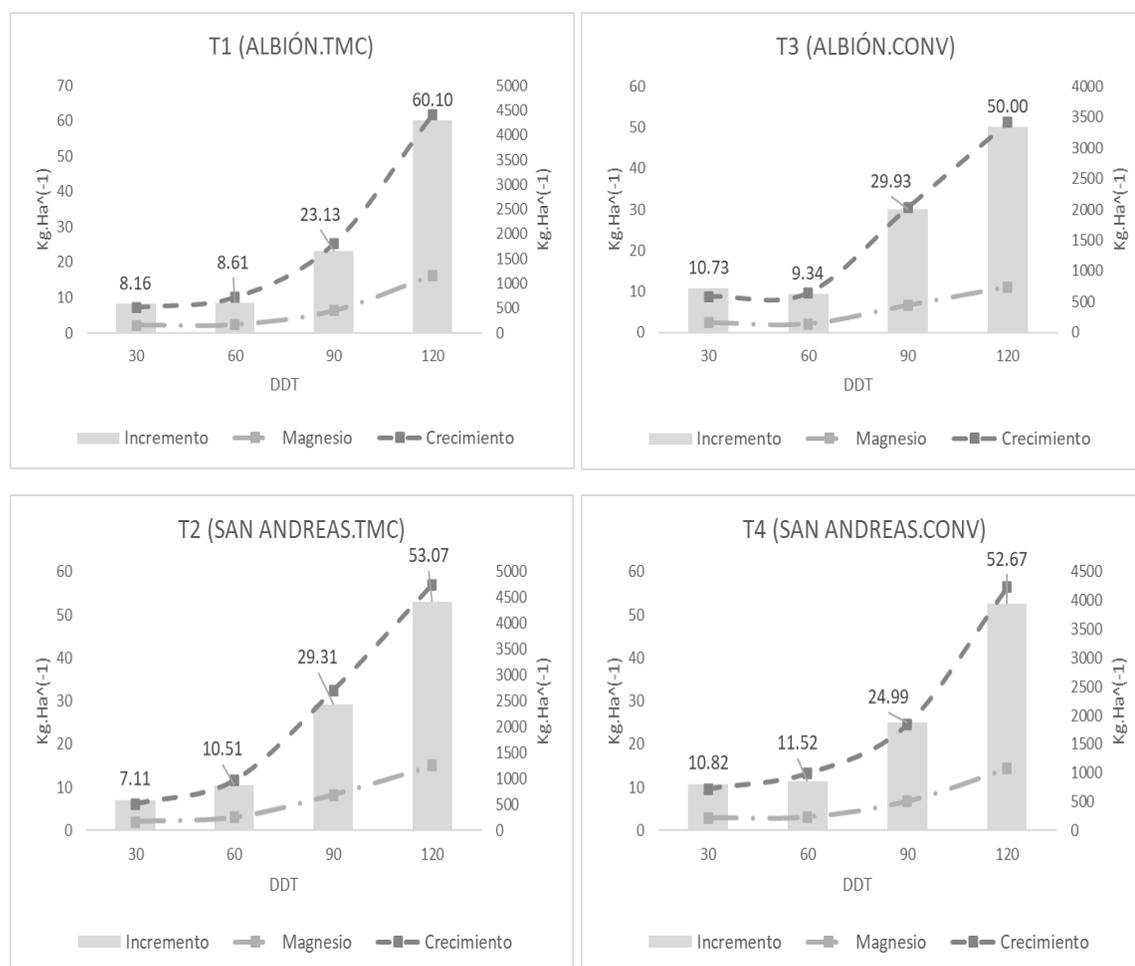
## **Magnesio**

En la figura 21 se observa la relación entre el crecimiento y acumulación de magnesio en plantas de frutilla durante 120 días de desarrollo del cultivo.

El mayor incremento de absorción se presenta entre los 90 a 120 días en todos los tratamientos tanto de fertilización micro carbono en variedad Albión (T1) y en variedad San Andreas (T2) así como en los de fertilización convencional en variedad Albión (T3) y en variedad San Andreas (T4), (T1: 23.13% - 60.10%, T2: 29.31% - 53.07%, T3: 29.93% - 50.00%, T4: 24.99% - 52.67%) siendo la época de mejor aplicación de magnesio (Figura 21).

Figura 21

Curvas de relación entre el crecimiento de la planta y la extracción total de magnesio en plantas de frutilla variedades Albión y San Andreas desarrolladas bajo dos fertilizaciones: Tecnología micro carbono (TMC) y Convencional o técnica (CONV)



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

### Longitud de Raíz

La longitud de raíz a los 30 días presenta diferencias significativas ( $F= 8.02$ ;  $p< 0.0001$ ) entre fertilizaciones, esto cambia a partir de los 60 días hasta los 120 días del cultivo donde no existe diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, se puede evidenciar que el tratamiento T4 (San Andreas y fertilización convencional) posee mayor promedio de raíz (Tabla 20).

**Tabla 20**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar de la longitud de la raíz (cm) en el cultivo de frutilla durante 120*

*DDT (T1= Albión.TMC; T2= San Andreas.TMC; T3= Albión.CONV; T4= San Andreas.CONV)*

Tratamiento	30 DDT	60 DDT	90 DDT	120 DDT
T1	17.89 $\pm$ 1.20 a	18.57 $\pm$ 1.14	19.47 $\pm$ 0.34	20.03 $\pm$ 0.72 b
T2	17.12 $\pm$ 0.83 a	18.77 $\pm$ 0.67	20.04 $\pm$ 1.10	20.83 $\pm$ 0.93 ab
T3	14.66 $\pm$ 0.03 b	17.50 $\pm$ 1.30	19.56 $\pm$ 1.23	20.46 $\pm$ 1.31 ab
T4	14.27 $\pm$ 1.10 b	17.02 $\pm$ 2.17	19.28 $\pm$ 1.39	24.73 $\pm$ 4.20 a

*Nota: Medias que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (LSD Fisher,  $p\leq 0.05$ )*

### Peso Fresco de Raíz, Tallo, Hojas, Flores

#### Raíz

El peso fresco de raíz se tomó cada 30 días, hasta los 120 días. En los primeros días no se observan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $F= 0.86$ ;  $p= 0.3781$ ), sin embargo, a partir de los 90 días en adelante es evidente la diferencia de peso en el tratamiento 2 (San Andreas y fertilización micro carbono), sobre los demás tratamientos siendo el de mayor acumulación (Tabla 21).

**Tabla 21**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar del peso fresco de la raíz (g) en el cultivo de frutilla durante 120 DDT (T1= Albión.TMC; T2= San Andreas.TMC; T3= Albión.CONV; T4= San Andreas.CONV)*

<b>Tratamiento</b>	<b>30 DDT</b>	<b>60 DDT</b>	<b>90 DDT</b>	<b>120 DDT</b>
<b>T1</b>	23.83 $\pm$ 3.58	35.63 $\pm$ 1.87 ab	45.37 $\pm$ 2.65 b	72.80 $\pm$ 16.85 a
<b>T2</b>	24.77 $\pm$ 4.58	42.53 $\pm$ 7.43 a	65.80 $\pm$ 7.98 a	75.07 $\pm$ 15.97 a
<b>T3</b>	28.13 $\pm$ 6.71	27.23 $\pm$ 4.21 b	48.77 $\pm$ 7.62 b	25.33 $\pm$ 2.11 b
<b>T4</b>	34.57 $\pm$ 11.09	43.93 $\pm$ 10.54 a	48.17 $\pm$ 12.45 b	33.90 $\pm$ 5.72 b

*Nota: Medias que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (LSD Fisher,  $p \leq 0.05$ )*

**Tallo**

El peso fresco de tallo fue tomado cada 30 días, hasta los 120 días. En los primeros días no se observan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $F = 0.22$ ;  $p = 0.6530$ ), sin embargo, a los 120 días se evidencia la diferencia de peso en los tratamientos de fertilización micro carbono en las dos variedades (Albión y San Andreas), sobre los tratamientos de fertilización convencional presentando un mayor peso fresco (Tabla 22).

**Tabla 22**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar del peso fresco del tallo (g) en el cultivo de frutilla durante 120 DDT (T1= Albión.TMC; T2= San Andreas.TMC; T3= Albión.CONV; T4= San Andreas.CONV)*

<b>Tratamiento</b>	<b>30 DDT</b>	<b>60 DDT</b>	<b>90 DDT</b>	<b>120 DDT</b>
<b>T1</b>	5.57 $\pm$ 1.60	8.60 $\pm$ 3.39	36.30 $\pm$ 10.49	70.20 $\pm$ 26.97 ab
<b>T2</b>	4.07 $\pm$ 0.49	13.60 $\pm$ 6.54	43.43 $\pm$ 10.85	77.50 $\pm$ 15.68 a
<b>T3</b>	6.23 $\pm$ 2.39	10.43 $\pm$ 2.51	38.43 $\pm$ 15.20	38.90 $\pm$ 9.42 c
<b>T4</b>	6.10 $\pm$ 1.40	14.80 $\pm$ 7.17	30.53 $\pm$ 5.42	39.97 $\pm$ 4.02 bc

*Nota: Medias que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (LSD Fisher,  $p \leq 0.05$ )*

## Hojas

El peso fresco de hojas fue tomado cada 30 días, hasta los 120 días. En los primeros días no se observan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $F= 0.10$ ;  $p= 0.7555$ ), sin embargo, a los 120 días se evidencia la diferencia de peso en los tratamientos de fertilización micro carbono en las dos variedades (Albi3n y San Andreas), sobre los tratamientos de fertilizaci3n convencional presentando un mayor peso fresco (Tabla 23).

**Tabla 23**

*Promedio  $\pm$  desviaci3n est3ndar del peso fresco de las hojas (g) en el cultivo de frutilla durante 120 DDT (T1= Albi3n.TMC; T2= San Andreas.TMC; T3= Albi3n.CONV; T4= San Andreas.CONV)*

Tratamiento	30 DDT	60 DDT	90 DDT	120 DDT
<b>T1</b>	8.67 $\pm$ 3.71	15.67 $\pm$ 2.84	53.97 $\pm$ 11.49	113.33 $\pm$ 56.55 a
<b>T2</b>	8.73 $\pm$ 2.54	22.23 $\pm$ 7.42	70.17 $\pm$ 8.35	119.07 $\pm$ 19.78 a
<b>T3</b>	7.70 $\pm$ 1.97	14.27 $\pm$ 0.90	55.57 $\pm$ 24.45	44.43 $\pm$ 15.65 b
<b>T4</b>	11.40 $\pm$ 0.40	18.30 $\pm$ 5.42	45.17 $\pm$ 6.00	77.83 $\pm$ 24.82 ab

*Nota: Medias que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (LSD Fisher,  $p \leq 0.05$ )*

## Flores

El peso fresco de flores fue tomado a partir de los 90 días, hasta los 120 días. En los 90 días no se observa diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $F= 0.07$ ;  $p=0.7990$ ), sin embargo, a los 120 días se evidencia la diferencia de peso en los tratamientos de fertilizaci3n micro carbono en las dos variedades (Albi3n y San Andreas), sobre los tratamientos de fertilizaci3n convencional presentando un mayor peso fresco (Tabla 24).

**Tabla 24**

*Promedio  $\pm$  desviación estándar del peso fresco de las flores (g) en el cultivo de frutilla durante 120 DDT (T1= Albión.TMC; T2= San Andreas.TMC; T3= Albión.CONV; T4= San Andreas.CONV)*

<b>Tratamiento</b>	<b>30 DDT</b>	<b>60 DDT</b>	<b>90 DDT</b>	<b>120 DDT</b>
<b>T1</b>	-	-	17.27 $\pm$ 15.33	14.93 $\pm$ 6.25 a
<b>T2</b>	-	-	14.57 $\pm$ 6.05	17.50 $\pm$ 6.02 ab
<b>T3</b>	-	-	9.83 $\pm$ 4.83	5.77 $\pm$ 2.40 b
<b>T4</b>	-	-	9.90 $\pm$ 6.52	7.87 $\pm$ 4.69 b

*Nota: Medias que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (LSD Fisher,  $p \leq 0.05$ )*

### **Número de Tallos, Hojas, Flores**

La tabla 25 muestra el promedio de número de tallos, hojas y flores durante el ciclo de cultivo de frutilla variedades Albión y San Andreas. Se observa que el número de tallos a los 30 días presenta diferencias significativas ( $F= 9.08$ ;  $p= 0.0147$ ), donde el T1 es el de mayor número de tallos (T1: 22,67  $\pm$  1,15), sin embargo, a partir de los 60 días hasta los 120 días no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $F= 2.08$ ;  $p= 0.1835$ ).

En cuanto al número de hojas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $F= 1.66$ ;  $p= 0.2301$ ), sin embargo, se puede observar que a partir de los 90 días los tratamientos con fertilización micro carbono (T1 Y T2), presentan un incremento en el número total de hojas (T1: 94.67  $\pm$  19.50, T2: 77.00  $\pm$  13.00) hasta los 120 días (T1: 114.67  $\pm$  19.43, T2: 112.00  $\pm$  12.17) (Tabla 25).

El conteo de flores, se comenzó a los 90 días en todos los tratamientos, donde no se encontró diferencias estadísticamente significativas ( $F= 0.01$ ;  $p= 0.9437$ ), sin embargo, a los 120 días se puede observar un mayor número de flores en los tratamientos de la variedad San Andreas en las dos fertilizaciones evaluadas (T2: 36.00  $\pm$  7.94, T4: 30.00  $\pm$  13.75) (Tabla 25).

Tabla 25

*Promedio  $\pm$  desviación estándar del número de tallos, hojas y flores en el cultivo de frutilla durante 120 DDT (T1= Albión.TMC; T2= San Andreas.TMC; T3= Albión.CONV; T4= San Andreas.CONV)*

<b>Número de Tallos en plantas de frutilla</b>				
<b>Tratamiento</b>	<b>30 DDT</b>	<b>60 DDT</b>	<b>90 DDT</b>	<b>120 DDT</b>
<b>T1</b>	22,67 $\pm$ 1,15 a	27,67 $\pm$ 4,04	88,67 $\pm$ 24,79	109,33 $\pm$ 6,11
<b>T2</b>	18,33 $\pm$ 1,53 b	35,00 $\pm$ 7,00	105,67 $\pm$ 20,50	112,33 $\pm$ 12,17
<b>T3</b>	19,33 $\pm$ 3,79 ab	29,67 $\pm$ 4,16	88,67 $\pm$ 6,43	94,00 $\pm$ 19,97
<b>T4</b>	16,33 $\pm$ 1,15 b	29,00 $\pm$ 4,36	83,33 $\pm$ 5,77	113,67 $\pm$ 15,82
<b>Número de Hojas en plantas de frutilla</b>				
<b>T1</b>	21.33 $\pm$ 2.08	29.67 $\pm$ 2.08	94.67 $\pm$ 19.50 a	114.67 $\pm$ 19.43 a
<b>T2</b>	17.67 $\pm$ 2.08	34.67 $\pm$ 4.04	77.00 $\pm$ 13.00 ab	112.00 $\pm$ 12.17 a
<b>T3</b>	19.33 $\pm$ 1.15	33.67 $\pm$ 4.04	64.33 $\pm$ 14.57 ab	82.33 $\pm$ 14.01 b
<b>T4</b>	19.33 $\pm$ 3.51	30.00 $\pm$ 7.94	74.67 $\pm$ 12.42 b	95.00 $\pm$ 11.36 ab
<b>Número de Flores en plantas de frutilla</b>				
<b>T1</b>	-	-	23.33 $\pm$ 14.01	24.67 $\pm$ 9.61
<b>T2</b>	-	-	26.00 $\pm$ 8.72	36.00 $\pm$ 7.94
<b>T3</b>	-	-	24.00 $\pm$ 1.00	26.33 $\pm$ 7.57
<b>T4</b>	-	-	22.00 $\pm$ 1.73	30.00 $\pm$ 13.75

*Nota: Medias que presentan letras distintas, son significativamente diferentes (LSD Fisher,  $p \leq 0.05$ )*

Figura 22

Peso Fresco y Número de Hojas de plantas de frutilla de los diferentes tratamientos



### Discusión

El crecimiento de las plantas de frutilla de las dos variedades Albión y San Andreas, aumenta a partir de los 30 días hasta los 120 DDT. La raíz muestra un aumento de materia seca constante en los cuatro tratamientos (T1:  $4682.72 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T2:  $5024.40 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T3:  $3553.25 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T4:  $4418.30 \text{ kg. ha}^{-1}$ ), aunque a los 90 días no presenta un incremento de crecimiento, esto debido al inicio de la etapa de floración, por su parte, Kirschbaum, *et al* (2012) mencionan que la raíz es un órgano de reserva de carbohidratos, mismos que se movilizan a las flores y frutos en el momento de su crecimiento y desarrollo, de tal manera, la disminución de su crecimiento está relacionado con el movimiento de reservas para la producción floral. El tallo presenta una menor acumulación de biomasa en comparación con la raíz esto debido a que se

considera un órgano secundario de reserva de carbohidratos y minerales (Kirschbaum, Larson, Weinbaum, & Dejong, 2012).

El órgano con mayor crecimiento es la hoja, llegando a los 120 días (T1: 2244.37  $kg. ha^{-1}$ , T2: 2348.50  $kg. ha^{-1}$ , T3: 1390.95  $kg. ha^{-1}$ , T4: 2245.83  $kg. ha^{-1}$ ), esto debido al adecuado empleo de nutrientes, esto coincide con Guacapiña (2020), quien afirma el mayor crecimiento de las hojas a los 120 días con 2503  $kg. ha^{-1}$  en T1 y 2171  $kg. ha^{-1}$  en T2 en la variedad Monterrey en un sistema semihidropónico.

En la flor existe un crecimiento desde el momento de su desarrollo hasta los 120 días (T1: 206.07  $kg. ha^{-1}$ , T2: 234.85  $kg. ha^{-1}$ , T3: 134.93  $kg. ha^{-1}$ , T4: 195.43  $kg. ha^{-1}$ ) debido a la presencia de nitrógeno lo cual provoca una alta producción de biomasa hasta que se presenta la fructificación.

En el presente trabajo podemos observar que las curvas de absorción de nutrientes y las de crecimiento están relacionadas, esto es mencionado igualmente por Molina, *et al.* (1993), quienes mencionan que la acumulación de materia seca y la absorción de elementos aumentan conjuntamente. La absorción de nitrógeno se ve influenciado por la intensidad lumínica y por la presencia de nitrógeno en el medio lo cual hace que sea consumido por las plantas para el desarrollo de órganos vegetativos y reproductivos (Rodríguez & Flórez, 2004). Este elemento presenta la mayor absorción (T1: 101.36  $kg. ha^{-1}$ , T2: 95.60  $kg. ha^{-1}$ , T3: 50.09  $kg. ha^{-1}$ , T4: 85.78  $kg. ha^{-1}$ ), al igual que Molina *et al.* (1993) en el cultivar Chandler y Guacapiña (2020) en la variedad Monterrey; a diferencia de lo encontrado por Avitia-García, *et al.* (2014) en Dutch, donde el nitrógeno es el cuarto elemento más absorbido.

El fósforo es el quinto elemento más absorbido en los cuatro tratamientos de las dos variedades Albión y San Andreas, a diferencia de lo mencionado por Sánchez (2017), donde el

fósforo es el cuarto elemento de mayor absorción en la variedad Albión. La absorción de fósforo es mayor en los tratamientos de fertilización micro carbono (T1: 77.72  $kg. ha^{-1}$ , T2: 60.06  $kg. ha^{-1}$ ) que en los tratamientos de fertilización convencional (T3: 53.47  $kg. ha^{-1}$ , T4: 37.49  $kg. ha^{-1}$ ) esto difiere con lo expuesto por Guacapiña (2020), donde menciona que el mejor tratamiento en absorción de fósforo es el equivalente a fertilizante convencional, a pesar de esto los niveles de fósforo en todos los tratamientos se encuentran dentro del rango (0.25 – 0.35%) lo cual indica que no existe deficiencia del mismo.

Como menciona Hirzel (2017), el fósforo es un elemento esencial para el crecimiento y floración, a los 90 días se presenta la primera floración y de igual manera el aumento del elemento (T1: 24.62%, T2: 39.14%, T3: 48.03%, T4: 26.59%) con una absorción total de absorción (T1: 19.13  $kg. ha^{-1}$ , T2: 23.51  $kg. ha^{-1}$ , T3: 9.97  $kg. ha^{-1}$ , T4: 37.49  $kg. ha^{-1}$ ) esto es similar al estudio realizado por Molina *et al.* (1993), donde la absorción de fósforo va aumentando con el pasar del tiempo.

El potasio es el segundo elemento más absorbido (T1: 262.57  $kg. ha^{-1}$ , T2: 312.33  $kg. ha^{-1}$ , T3: 257.06  $kg. ha^{-1}$ , T4: 287.81  $kg. ha^{-1}$ ), la curva de potasio en las variedades evaluadas Albión y San Andreas presentan incrementos de absorción durante todo el ciclo evaluado, esto coincide con Molina *et al.* (1993) en la variedad Chandler, con Avitia-García, *et al.* (2014) en la variedad Dutch y con Guacapiña (2020) en la variedad Monterrey, además se destaca la absorción de K en las hojas en la variedad San Andreas con fertilización micro carbono (141.76  $kg. ha^{-1}$ ) y de la fertilización convencional en las flores de la variedad San Andreas (8.65  $kg. ha^{-1}$ ). De esta forma se puede evidenciar que la presencia de potasio tanto en hojas como en flores se ve reflejada en el tamaño de las mismas y su desarrollo (Rodríguez & Flórez, 2004).

El calcio se presenta como el tercer elemento más absorbido, coincidiendo con Guacapiña (2020), Sánchez (2017), donde el mayor incremento de absorción empieza a los 60 días (T1: 20.36%, T2: 18.71%, T3: 20.79%, T4: 22.80%), aumentando a los 90 días (T1: 44.95%, T2: 46.30%, T3: 48.19%, T4: 43.10%), sin embargo, hay diferencia con Avitia-García, *et al.* (2014), que menciona que el calcio es el primer elemento más absorbido en todas las etapas de la frutilla.

Sin embargo, la concentración de este elemento en la planta depende de la transpiración, ya que este mecanismo beneficia a la movilidad del mismo, por lo cual el contenido de calcio en flores no es tan notorio como en las otras partes de la planta (T1: 3.06  $kg. ha^{-1}$ , T2: 4.43  $kg. ha^{-1}$ , T3: 3.21  $kg. ha^{-1}$ , T4: 6.25  $kg. ha^{-1}$ ). Pese a su dificultad de movilidad, el total acumulado de calcio en todos los tratamientos (T1: 191.33  $kg. ha^{-1}$ , T2: 225.95  $kg. ha^{-1}$ , T3: 177.96  $kg. ha^{-1}$ , T4: 194.79  $kg. ha^{-1}$ ) lo cual muestra que la absorción y el crecimiento aumentan a la par, esto concuerda con Sánchez (2017) en variedad Albión y Guacapiña (2020) en variedad Monterrey, aunque difiere de Molina *et al.* (1993) en variedad Chandler donde se presenta una baja de absorción de calcio.

El magnesio, es el cuarto elemento más absorbido tanto con la fertilización micro carbono TMC (T1: 107.79  $kg. ha^{-1}$ , T2: 127.55  $kg. ha^{-1}$ ) y con fertilización convencional (T3: 103.62  $kg. ha^{-1}$ , T4: 116.05  $kg. ha^{-1}$ ), el comportamiento de absorción con los fertilizantes micro carbono, es similar al presentado por Guacapiña (2020) en variedad Monterrey y difiere con la absorción en fertilizantes convencionales encontrado por Sánchez (2017) en la variedad Albión. La hoja es el órgano que presenta mayor acumulación de Mg en todos los tratamientos, esto debido al contenido de clorofila que poseen, donde se encuentra un átomo de Mg en su estructura (Sánchez, 2017).

Este elemento, presenta un incremento constante durante el ciclo de evaluación, la mayor absorción se presentó a los 120 días (T1:  $16.35 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T2:  $14.99 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T3:  $11.15 \text{ kg. ha}^{-1}$ , T4:  $14.43 \text{ kg. ha}^{-1}$ ), siendo esto valores menores a los presentados por Guacapiña (2020) quien tuvo  $24 \text{ kg. ha}^{-1}$  con fertilización micro carbono y  $18.4 \text{ kg. ha}^{-1}$  con fertilización convencional en variedad Monterrey y por Molina *et al* (1993) en la variedad Chandler donde su absorción fue de  $16.5 \text{ kg. ha}^{-1}$ , esto puede ser causado a la relación alta de Ca/Mg lo cual provoca una absorción menor de Mg (Rodríguez & Flórez, 2004).

## Capítulo 5

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

- La absorción nutrimental en variedad Albión de fertilización micro carbono (T1) es N> K> Ca> Mg> P con una acumulación total de  $295.32 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $262.57 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $191.33 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $107.79 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $77.72 \text{ kg. ha}^{-1}$  respectivamente; en variedad San Andreas (T2) es de  $402.81 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $312.33 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $225.95 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $127.55 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $60.06 \text{ kg. ha}^{-1}$  mientras que en los tratamientos de fertilización convencional la acumulación es: N> K> Ca> Mg> P donde en la variedad Albión (T3) tiene una absorción total de  $273.36 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $257.06 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $177.96 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $103.62 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $53.47 \text{ kg. ha}^{-1}$  y en variedad San Andreas es de  $354.52 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $287.81 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $194.79 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $116.05 \text{ kg. ha}^{-1}$ ,  $37.49 \text{ kg. ha}^{-1}$ .
- El órgano con mayor acumulación de nutrientes es la hoja en todos los tratamientos. T1 hoja (N: 100%, P: 59.15%, K: 44.46%, Ca: 46.02%, Mg: 52.31%); T2 hoja (N: 100%, P: 51.91%, K: 45.39%, Ca: 43.55%, Mg: 43.20%); T3 hoja (N: 100%, P: 46.79%, K: 33.09%, Ca: 34.55%, Mg: 32.46%); T4 hoja (N: 100%, P: 45.80%, K: 39.42%, Ca: 42.97%, Mg: 38.64%).
- La relación entre las curvas de crecimiento y de absorción, nos indica las épocas de mejor aplicación de los fertilizantes, siendo a los 60 días en N, P, K y a los 90 días en Ca y Mg.
- La aplicación de fertilizantes micro carbono (T1 y T2) tienen mayores promedios de absorción de los elementos en las dos variedades Albión y San Andreas frente a los aplicados con fertilización convencional (T3 y T4).

**Recomendaciones**

- Se recomienda controlar los niveles de alcalinidad del suelo para un mejor control de la movilidad de los nutrientes.
- Se recomienda el uso de fertilización micro carbono (TMC) para la aplicación en suelos salinos ya que presenta un mejor comportamiento en el mismo.
- Se debe ajustar las soluciones nutritivas a los 90 y 120 días que son las épocas de mayor absorción de nutrientes.
- Se recomienda usar el tratamiento conformado por fertilización micro carbono (TMC) en la variedad San Andreas ya que presentó mejores características agronómicas y de absorción.

## Bibliografía

- Agrocalidad. (2021, Mayo 26). *Informe de Análisis de Suelo*. Obtenido de Agrocalidad:  
<https://docs.google.com/document/d/1As0b7UfQdKTGp8wXVLkTYOYoPFTAwwV4UK8D-4gEWk8/edit>
- Agrocalidad. (2021, Diciembre 21). *Informe de Análisis de Suelo*. Obtenido de Agrocalidad: 2021-12-21\_LN-SFA-E21-1660\_026-12443-signed.pdf
- Aguero, J. (2002). *Bases Nutricionales del cultivo de frutilla (Fragaria ananassa Duch)*. Obtenido de Universidad de Buenos Aires:  
<http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2012aguerojuanjose.pdf>
- Arce, M. (2009). Normal Climática y distribución de la precipitación de la hacienda El Prado-IASA. *Boletín Técnico 8, Serie Zoológica 4 - 5*, 126 - 128. Obtenido de Boletín.
- Avitia-García, E., Pineda-Pineda, J., Castillo-González, A., Trejo-Téllez, L., Corona-Torres, T., & Cervantez-Urbán, E. (2014). Extracción nutrimental en fresa (*Fragaria x ananassa Duch*)\*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol. 5 Núm. 3*, 519-524. Obtenido de Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.
- Bañados, M., Bonomelli, C., Figueroa, R., Gambardella, M., Zaviezo, T., Ávila, B., . . . Grez, J. (2015). *Manual del Cultivo de Frambuesas y Frutillas en Chile*. Obtenido de INDAP:  
[https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-de-cultivo-de-frutilla-en-chile\\_indap-puc-2015.pdf?sfvrsn=0](https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-de-cultivo-de-frutilla-en-chile_indap-puc-2015.pdf?sfvrsn=0)
- Berstch, F. (2009). *Absorción de nutrientes por los cultivos (1 ed)*. San José, Costa Rica: ACCS.

- Bolda, M., & Surendra, K. (2015 , Noviembre). *Manual de Producción de Fresa para los agricultores de la Costa Central*. Obtenido de UCCE:  
<http://cesantabarbara.ucanr.edu/files/228580.pdf>
- Branzanti, C. (1989). *La fresa*. Madrid: S.A Mundi Prensa España.
- Carter, D. (1981). *Salinity and Plant Productivity*. Obtenido de NWISRL:  
<https://eprints.nwisrl.ars.usda.gov/id/eprint/757/1/419.pdf>
- Comercio. (2011, Septiembre 10). *La frutilla es un cultivo rentable*. Obtenido de  
<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/frutilla-cultivo-rentable.html>
- Edifarm. (2018). *Copper*. Obtenido de Vademecum florícola X Edición :  
<https://quickagro.edifarm.com.ec/pdfs/productos/COPPER-20180126-100509.pdf>
- Edifarm. (2019). *Z Max*. Obtenido de Ftepeyac: [https://www.ftepeyac.com.mx/wp-content/uploads/2019/09/ficha\\_tecnica\\_z-max.pdf](https://www.ftepeyac.com.mx/wp-content/uploads/2019/09/ficha_tecnica_z-max.pdf)
- Eurosemillas. (2021). *San Andreas*. Obtenido de Eurosemillas:  
<http://www.eurosemillas.com/es/variedades/fresa/item/27-san-andreas.html>
- FAO. (2002). *Los Fertilizantes \y su Uso*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- Furlani, P., & Fernandez, J. (2007). Hidroponia Vertical en la Producción de Fresa.
- Garcia, E., Pineda, J., Castillo, A., Trejo, L., Corona, T., & Cervantes, & E. (2014, Mayo).  
*Extracción nutrimental en fresa (Fragaria x ananassa Duch)*. Obtenido de ResearchGate:  
[https://www.researchgate.net/publication/263672087\\_Extraccion\\_nutrimental\\_en\\_fresa\\_Fragaria\\_x\\_ananassa\\_Duch](https://www.researchgate.net/publication/263672087_Extraccion_nutrimental_en_fresa_Fragaria_x_ananassa_Duch)

Google Earth. (2021). *Google Earth Digital Globe*. Obtenido de Google:

[https://earth.google.com/web/search/IASA,+Sangolqu%c3%ad/@-0.3856423,-78.4164022,2718.86699072a,1056.51552932d,35y,0h,45t,0r/data=CnsaURJLCiUweDkxZDVYmJkODY0NDg1MWI6MHhjNmM4YjJiYjZjMDI2OTY5GT2gx4Olr9i\\_IcJdBxinmlPAKhBJQVNBLCBTYW5nb2xxdcOtgAlgASImCiQJPp9B8](https://earth.google.com/web/search/IASA,+Sangolqu%c3%ad/@-0.3856423,-78.4164022,2718.86699072a,1056.51552932d,35y,0h,45t,0r/data=CnsaURJLCiUweDkxZDVYmJkODY0NDg1MWI6MHhjNmM4YjJiYjZjMDI2OTY5GT2gx4Olr9i_IcJdBxinmlPAKhBJQVNBLCBTYW5nb2xxdcOtgAlgASImCiQJPp9B8)

Guacapiña, P. (2020). *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)*. Obtenido de Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE:

<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/24772>

Hirzel, J. (2017). *Fertilización en Frutilla*. Obtenido de INIA:

<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39088.pdf>

Humagro. (2014). *Calcium*. Obtenido de Agromicrobiotech: <http://agromicrobiotech.com/wp-content/uploads/2014/07/Huma-Gro-Calcium-4.pdf>

Humagro. (2014). *Phos max*. Obtenido de Agromicrobiotech: <http://agromicrobiotech.com/wp-content/uploads/2014/07/Huma-Gro-Phosmax.pdf>

Humagro. (2014). *Sulfur*. Obtenido de Agromicrobiotech: <http://agromicrobiotech.com/wp-content/uploads/2014/07/Sulfur-E.pdf>

Humagro. (2014). *Super K*. Obtenido de Agromicrobiotech: <http://agromicrobiotech.com/wp-content/uploads/2014/07/Huma-Gro-Super-K.pdf>

Humagro. (2015). *¿Que es la tecnologia de micro carbnoo?* Obtenido de Agran:

<https://agran.es/tecnologia-micro-carbono/>

Humagro. (2017). *Catalogo de Productos*. Obtenido de Humagro: <https://humagro.com/wp-content/uploads/2017/04/Huma-Gro-Catalog-Spanish.pdf>

Humagro. (2020). *Iron*. Obtenido de Agroinnovacr: <https://agroinnovacr.com/wp-content/uploads/2020/04/HUMA-GRO-IRON.pdf>

Humagro. (2020). *Manganeso*. Obtenido de Agroinnovacr: <https://agroinnovacr.com/wp-content/uploads/2020/04/Manganeso.pdf>

Humagro. (2022). *Super Nitro*. Obtenido de Agrosa:  
<https://www.agrosa.com.ec/images/fichas/TMC-N30.pdf>

INIA. (2017). *Manual de manejo agronómico de la frutilla*. Obtenido de Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias: <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/17%20Manual%20Frutilla.pdf>

Jackson, W. (1993). *Humic, Fulvic and Microbial Balance: Organic Soil Conditioning*. Agricultural Text and Reference Book.

Kirschbaum, D., Larson, K., Weinbaum, S., & Dejong, T. (2012, November). *Accumulation pattern of total nonstructural carbohydrate in strawberry runner plants and its influence on plant growth and fruit production*. Obtenido de ResearchGate:  
[https://www.researchgate.net/publication/236952491\\_Accumulation\\_pattern\\_of\\_total\\_nonstructural\\_carbohydrate\\_in\\_strawberry\\_runner\\_plants\\_and\\_its\\_influence\\_on\\_plant\\_growth\\_and\\_fruit\\_production](https://www.researchgate.net/publication/236952491_Accumulation_pattern_of_total_nonstructural_carbohydrate_in_strawberry_runner_plants_and_its_influence_on_plant_growth_and_fruit_production)

Laboratorios IASA 1. (2021, Julio 09). *ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA*. Obtenido de Laboratorios IASA 1: [ANÁLISIS%20FQM%20AGUA%2009-07-21-signed.pdf](#)

- MetroFlor. (2016, Julio 19). *Tecnología Microcarbono (TMC) en la nutrición vegetal*. Obtenido de MetroFlor: <http://www.metroflorcolombia.com/tecnologia-microcarbono-tmc-en-la-nutricion-vegetal/>
- Molina, E., Salas, R., & Castro, A. (1993). *Curvas de Crecimiento y Absorción de nutrimentos en fresa (Fragaria x ananassa cv. Chandler)*. Obtenido de Agronomía Costaricense (MAG): [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v17n01\\_067.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v17n01_067.pdf)
- Morales, C., Riquelme, J., Hirzel, J., & France, A. (2017). *Manual de manejo agronomico de la frutilla*. Obtenido de Instituto de Desarrollo Agropecuario INIA: <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/17%20Manual%20Frutilla.pdf>
- Muñoz, D. (2021). *ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA*. Quito.
- Parra Castro, E. J. (2018). *Producción y Comercialización de Frutilla (Fragaria sp) en la Parroquia Yaruqui, Cantón Quito, Provincia de Pichincha*. Obtenido de Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8658/1/03%20AGN%20041%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Riofrio Macas, P. (2013). *Evaluación de tres fungicidas químicos para el control de Botrytis cinerea en el cultivo de frutilla (Fragaria chiloensis), en el cantón Otavalo, provincia de Imbabura*. Obtenido de Universidad Técnica de Babahoyo: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/284/10/T-UTB-FACIAG-AGR-000069.03.pdf>
- Rodríguez, M., & Flórez, V. (2004, Septiembre 01). *Elementos Esenciales y Beneficos*. Obtenido de Universidad de Almería:

<http://repositorio.ual.es:8080/bitstream/handle/10835/3133/F13.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez, P. (2017). *Determinación de las curvas de crecimiento de nutrientes en la variedad Albión de fresa ( Fragaria annanassa) para establecer los requerimientos nutricionales de las plantaciones desarrolladas en la zona de Fajanes, cantón central de Alajuela.*

Obtenido de Universidad de Costa Rica:

<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4326/1/41647.pdf#page=52&zoom=100,92,529>

Sancho, H. (1999). *Curvas de Absorción de Nutrientes: Importancia y Uso en los Programas de Fertilización* . Obtenido de FERTICA:

<http://intranet.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/CURVAS%20DE%20ABSORCION%20DE%20NUTRIENTES.pdf>

Sepulveda, P., Délano, G., & Correa, A. (2015, Junio). *Cultivo de Frutilla*. Obtenido de ONUDI:

[https://www.unido.org/sites/default/files/2016-11/straw\\_0.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/2016-11/straw_0.pdf)

Sudzuki, F. (1992). *Cultivo de Frutales Menores*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

Taípe, S. (2018). *Respuesta de dos variedades de Rosa a la aplicación de dos fuentes de fertilización soluble: convencional y tecnología microcarboneo en Rumiñahui, Pichincha.*

Obtenido de Repositorio ESPE:

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14538/1/T-IASA%20I-005443.pdf>

Tustón, R. (2012, Diciembre). *Sistematización de experiencias del cultivo de frutilla ( Fragaria dioica), para la Sierra Norte de Pichincha*. Obtenido de Universidad Politécnica

Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3759/6/UPS-YT00195.pdf>

Villagrán, V., Legarraga, M., & Zschau, B. (2013). *Variedades de Frutilla*. Obtenido de Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA:

<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39086.pdf>

Yépez Tirado, D. (2018). *Evaluación de un método no destructivo para determinar el contenido de nitrógeno foliar en Fragaria vesca variedad: Festival*. Obtenido de Repositorio ESPE:

<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15844>

**Enlace Google Drive:**

<https://drive.google.com/file/d/1TOnphuFq2Se0SLA-zhicJYGPCgWWCL6/view?usp=sharing>