



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**“EVALUACIÓN DE FORMULACIONES POTÁSICAS EN EL  
RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CULTIVO DE BRÓCOLI  
(*Brassica oleracea* L) var. Itálica. HÍBRIDO AVENGER”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR: MARLO JESÚS ROMÁN LLAMUCA**

**DIRECTOR: Ing. VÍCTOR ALBERTO LINDAO CÓRDOVA PhD.**

Riobamba – Ecuador

2023

**©2023, Marlo Jesús Román Llamuca**

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

Yo, Marlo Jesús Román Llamuca, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos, Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 14 de diciembre del 2022.



---

**Marlo Jesús Román Llamuca**

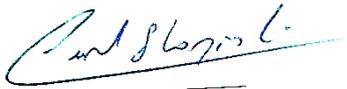
**060507486-3**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**CARRERA AGRONOMÍA**

El Tribunal de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE FORMULACIONES POTÁSICAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CULTIVO DE BRÓCOLI** (*Brassica oleracea* L) var. Itálica. **HÍBRIDO AVENGER**, realizado por el señor: **MARLO JESÚS ROMÁN LLAMUCA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Carlo Francisco Carpio Coba <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-12-14
Ing. Víctor Alberto Lindao Córdova. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-12-14
Ing. Lucia Mercedes Abarca Villalba <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-12-14

## DEDICATORIA

A mis Padres, **Emperatriz y Héctor**, por concederme la vida, por guiarme en mi vida, por enseñarme a nunca rendirme y la responsabilidad que se debe tener con los compromisos. A mi hermana, **Eloísa R**, por el apoyo mutuo, por ser como mi segunda madre, por ser partícipe de todas mis aventuras, por estar conmigo en las buenas y las malas. A mi sobrino, **Héctor X** y A **Rosario P**.

*Marlo.*

## AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecir mi vida, por guiarnos a lo largo de mi existencia.

A mis Queridos Hermanos: Milton, Mario, Jorge, Roberto, Jenny, Inés, Aurelina, por su cariño, su amor y por el respaldo que me brindan siempre. A mis sobrinos Alex y Adilton, por su apoyo.

A mis primos: Iván, Jimena y Nacho, por la confianza y su apoyo en una ciudad que no conocía.

A la loable Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ingeniería Agronómica, quien me dio la gran oportunidad de crecer y formarme como un profesional. A los Ing. Agr, Franklin Arcos, en calidad de Director, a la Ing, Agr, Lucia Abarca como asesora, por sus orientaciones y aportes para la ejecución y culminación del presente estudio.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Departamento de Manejo de Suelo y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina, por la apertura para la realización y ejecución del presente trabajo de Titulación.

A mi cotutor, Dr. Yamil C, por aportarme sus valiosos conocimientos y experiencia y por permitirme realizar esta investigación. Al Ing. Rafael P, por sus consejos y el apoyo que me brindó en el trabajo en campo.

Al Dr. Alveiro Salamanca, por su colaboración y gestión ante el Instituto Internacional del Potasio (IPI) para la financiación de esta investigación.

Al laboratorio de suelo y aguas por su acogida, por su enseñanza y la oportunidad de trabajar con ellos, especialmente a los ingenieros: José L, Irma N y a las Sra. Marina y Sra. Lili, por su cariño.

A la Licenciada Nathaly S. por la paciencia, por su enseñanza y el gran cariño.

A la Hacienda la Campiña, por abrirme sus puertas, por sus recursos, a los Ing. Edison y Silvana, por su apoyo.

A mi mejor amiga María Angélica, por todos los momentos y locuras que compartimos en la ESPOCH.

A Verito, por todo el apoyo que me brindo en los momentos más difíciles y a todos quienes me apoyaron en este trabajo y no los nombro...

**Marlo**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN .....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
1.1. Identificación del problema .....	3
1.2. Limitaciones y delimitaciones.....	3
1.3. Problemas General de Investigación.....	3
1.4. Problemas específicos de la Investigación.....	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.6. Justificación .....	4
1.6.1. <i>Justificación Teórica</i> .....	4
1.2.1. <i>Justificación práctica</i> .....	5
1.7. Hipótesis de la investigación.....	5
1.7.1. <i>Hipótesis Nula</i> .....	5
1.7.2. <i>Hipótesis Alternativa</i> .....	5

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....	6
2.1. El potasio en el suelo.....	6
2.1.1. <i>Generalidades</i> .....	6
2.1.2. <i>Potasio estructural</i> .....	6
2.1.3. <i>Potasio fijado</i> .....	6
2.1.4. <i>Potasio intercambiable</i> .....	7
2.1.5. <i>Potasio en la solución del suelo</i> .....	7
2.1.6. <i>Ciclo del potasio en el suelo</i> .....	7

2.1.6.1. Fase de Retrogradación.....	8
2.1.6.2. Fase de Mineralización.....	8
2.1.6.3. Fase de Solubilización.....	8
2.1.6.4. Fase de Meteorización.....	8
<b>2.2. El potasio en las plantas .....</b>	<b>9</b>
2.2.1. <i>Importancia del potasio en la planta .....</i>	9
2.2.2. <i>Funciones generales del potasio en las plantas.....</i>	9
2.2.3. <i>Síntomas de deficiencia del potasio en las plantas.....</i>	10
<b>2.3. Fertilización inorgánica a base de potasio.....</b>	<b>10</b>
2.3.1. <i>Importancia de la fertilización inorgánica .....</i>	10
2.3.2. <i>Fuentes de fertilizantes potásicos.....</i>	11
2.3.3. <i>Fertilizantes potásicos .....</i>	11
2.3.4. <i>El nitrato de potasio.....</i>	12
2.3.4.1. <i>Propiedades físico químicas del nitrato de potasio .....</i>	12
2.3.5. <i>Sulfato de potasio .....</i>	13
2.3.5.1. <i>Propiedades físico químicas del sulfato de potasio .....</i>	13
2.3.6. <i>Polihalita (Polysulphate).....</i>	13
2.3.6.1. <i>Introducción.....</i>	13
2.3.6.2. <i>Beneficios del Potasio, Magnesio y Calcio en el Polysulphate.....</i>	14
2.3.6.3. <i>Propiedades físico químicas del Polysulphate.....</i>	15
<b>2.4. La curva de extracción de nutrientes.....</b>	<b>15</b>
2.4.1. <i>Importancia .....</i>	15
2.4.2. <i>Determinación de dosis de fertilización .....</i>	16
2.4.3. <i>Extracción de potasio en brócoli.....</i>	16
<b>2.5. Cultivo de brócoli .....</b>	<b>16</b>
2.5.1. <i>Importancia del cultivo de brócoli.....</i>	16
2.5.2. <i>Descripción taxonómica .....</i>	17
2.5.3. <i>Descripción botánica.....</i>	18
2.5.3.1. <i>Raíz.....</i>	18
2.5.3.2. <i>Tallo .....</i>	18
2.5.3.3. <i>Hojas .....</i>	18
2.5.3.4. <i>Flores.....</i>	18
2.5.3.5. <i>Inflorescencia.....</i>	18
2.5.3.7. <i>Semilla .....</i>	19
2.5.4. <i>Fenología del cultivo de brócoli.....</i>	19
2.5.4.1. <i>Vegetativa inicial (VI):.....</i>	19

2.5.4.2. <i>Vegetativo medio (VM):</i> .....	19
2.5.4.3. <i>Inducción floral (IF):</i> .....	19
<b>2.5.5. Valor nutricional del brócoli</b> .....	<b>20</b>
<b>2.5.6. Requerimientos Edáficos</b> .....	<b>21</b>
2.5.6.1. <i>Suelo</i> .....	21
2.5.6.2. <i>Clima</i> .....	21
2.5.6.3. <i>Humedad</i> .....	21
<b>2.5.7. Manejo del cultivo de brócoli</b> .....	<b>21</b>
2.5.7.1. <i>Siembra</i> .....	21
2.5.7.2. <i>Riego</i> .....	21
2.5.7.3. <i>Fertilización</i> .....	22
2.5.7.5. <i>Cosecha</i> .....	23
2.5.7.6. <i>Rendimiento</i> .....	23

### CAPITULO III

<b>3. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1. Materiales y métodos</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1.1. Ubicación</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1.2. Ubicación geográfica</b> .....	<b>24</b>
3.1.2.1. <i>Condiciones agroclimáticas.</i> .....	24
<b>3.2. Materiales.</b> .....	<b>25</b>
<b>3.2.1. Material Vegetal.</b> .....	<b>25</b>
<b>3.2.2. Insumos</b> .....	<b>25</b>
3.2.2.1. <i>Fertilizantes químicos.</i> .....	25
<b>3.2.3. Equipos</b> .....	<b>25</b>
3.2.3.1. <i>Materiales de Laboratorio.</i> .....	25
<b>3.2.4. Materiales de oficina</b> .....	<b>26</b>
<b>3.3. Métodos</b> .....	<b>26</b>
<b>3.3.1. Croquis del ensayo.</b> .....	<b>26</b>
<b>3.3.2. Dosis y Tratamientos en estudio</b> .....	<b>26</b>
<b>3.3.4. Unidad experimental.</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3.5. Diseño experimental</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3.6. Análisis de Normalidad</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3.7. Análisis estadístico.</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3.8. Análisis funcional.</b> .....	<b>28</b>
<b>3.4. Manejo específico del experimento y método de evaluación.</b> .....	<b>29</b>

<b>3.4.1. Manejo específico del experimento .....</b>	<b>29</b>
3.4.1.1. Análisis físico-químico del suelo .....	29
3.4.1.2. Selección del lote .....	29
3.4.1.3. Preparación del terreno y delimitación de parcelas .....	29
3.4.1.4. Distancia de siembra .....	29
3.4.1.5. Fertilización química .....	30
3.4.1.6. Riego .....	31
3.4.1.7. Manejo integrado de plagas y enfermedades .....	32
3.4.1.8. Labor de rascadillo, medio aporque y aporque .....	32
3.4.1.9. Cosecha .....	32
<b>3.5. Variables y métodos de evaluación .....</b>	<b>33</b>
3.5.1. Altura de planta .....	33
3.5.2. Biomasa .....	33
3.5.3. Extracción de nutrientes .....	33
3.5.4. Calidad de la pella .....	35
3.5.4.1. Diámetro ecuatorial de la pella .....	35
3.5.4.2. Dureza de la pella .....	35
3.5.4.3. Peso de la pella .....	35
3.5.5. Vida en Anaquel .....	35
3.5.6. Rendimiento .....	36
3.5.7. Análisis económico .....	36

## CAPITULO IV

<b>4. MARCO DE ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
4.1. Altura de plantas .....	38
4.2. Biomasa .....	41
4.2.1. Biomasa aérea total .....	41
4.3. Extracción de N, P y K .....	45
4.3.1. Nitrógeno total .....	45
4.3.2. Fósforo total .....	49
4.3.3. Potasio total .....	52
4.4. Calidad de la pella .....	56
4.3.1. Diámetro ecuatorial de la pella .....	56
4.3.2. Dureza de la pella .....	59
4.4.1.1. Concentración del Acidez Titulable (AT%) ácido cítrico a temperatura ambiente .....	63
4.4.1.2. Concentración del Acidez Titulable (AT%) ácido cítrico a temperatura a 6°C .....	65

4.4.1.3. <i>Concentración del Acidez Titulable (AT%) ácido cítrico a temperatura a 0 °C</i> .....	66
<b>4.4.2. pH</b> .....	<b>68</b>
4.4.2.1. <i>pH a temperatura ambiente</i> .....	68
4.4.2.2. <i>pH a temperatura a 6 °C</i> .....	69
4.4.2.3. <i>pH a temperatura a 0 °C</i> .....	70
<b>4.4.3. Vitamina C</b> .....	<b>71</b>
4.4.3.1. <i>Vitamina C a temperatura ambiente</i> .....	71
4.4.3.3. <i>Vitamina C a temperatura 0 °C</i> .....	74
<b>4.5. Rendimiento</b> .....	<b>77</b>
<b>4.6. Análisis económicos</b> .....	<b>80</b>

## **CAPITULO V**

<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>81</b>
<b>5.1. Conclusiones</b> .....	<b>81</b>
<b>5.2. Recomendaciones</b> .....	<b>82</b>

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	La clasificación botánica del brócoli.....	<b>17</b>
<b>Tabla 2-2:</b>	Valor nutricional del brócoli.....	<b>20</b>
<b>Tabla 1-3:</b>	Coordenadas geográficas.....	<b>24</b>
<b>Tabla 2-3:</b>	Condiciones agroclimáticas del sitio experimental.....	<b>24</b>
<b>Tabla 3-3:</b>	Fertilizantes químicos.....	<b>25</b>
<b>Tabla 4-3:</b>	Dosis de los tratamientos en estudio.....	<b>26</b>
<b>Tabla 5-3:</b>	Fertilizantes utilizados para la preparación de las formulaciones en estudio.....	<b>27</b>
<b>Tabla 6-3:</b>	Características de la unidad experimental de la investigación.....	<b>27</b>
<b>Tabla 7- 3:</b>	Análisis de varianza.....	<b>28</b>
<b>Tabla 8- 3:</b>	Fertilización para la semana 1 en el cultivo de brócoli.....	<b>30</b>
<b>Tabla 9- 3:</b>	Fertilización para la semana 4 en el cultivo de brócoli.....	<b>30</b>
<b>Tabla 10- 3:</b>	Fertilización para la semana 7 en el cultivo de brócoli.....	<b>31</b>
<b>Tabla 11- 3:</b>	Fertilización para la semana 9 en el cultivo de brócoli.....	<b>31</b>
<b>Tabla 12-3:</b>	Labores culturales en el cultivo de brócoli.....	<b>32</b>
<b>Tabla 13-3:</b>	Duración de las fases fenológicas.....	<b>33</b>
<b>Tabla 14-3:</b>	Número de muestras de planta de cada unidad experimental.....	<b>34</b>
<b>Tabla 1-4:</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk en el cultivo de brócoli.....	<b>37</b>
<b>Tabla 2-4:</b>	Prueba de Homocedasticidad de Levene en el cultivo de brócoli.....	<b>38</b>
<b>Tabla 3-4:</b>	Análisis de la variancia para la variable altura de planta, en el cultivo de brócoli.....	<b>39</b>
<b>Tabla 4-4:</b>	Prueba de Tukey al 5 % para la variable altura de la planta (cm).....	<b>39</b>
<b>Tabla 5-4:</b>	Análisis de la variancia para la variable biomasa aérea total.....	<b>42</b>
<b>Tabla 6-4:</b>	Prueba de Tukey al 5 % para la biomasa aérea total (g planta <sup>-1</sup> ).....	<b>43</b>
<b>Tabla 7-4:</b>	Análisis de la variancia para la extracción de N (kg ha <sup>-1</sup> ).....	<b>46</b>
<b>Tabla 8-4:</b>	Prueba de Tukey al 5 % para la extracción de Nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> ).....	<b>47</b>
<b>Tabla 9-4:</b>	Análisis de la variancia para la extracción de P (kg ha <sup>-1</sup> ), en el cultivo de brócoli.....	<b>50</b>
<b>Tabla 10-4:</b>	Prueba de Tukey al 5 % para la extracción de P (kg ha <sup>-1</sup> ).....	<b>51</b>
<b>Tabla 11-4:</b>	Análisis de la variancia para la extracción de K (kg ha <sup>-1</sup> ), en el cultivo de brócoli.....	<b>53</b>
<b>Tabla 12-4:</b>	Prueba de Tukey al 5 % para la extracción de potasio total (kg ha <sup>-1</sup> ).....	<b>54</b>
<b>Tabla 13-4:</b>	Análisis de la variancia para la variable diámetro ecuatorial de la pella (cm).....	<b>57</b>
<b>Tabla 14-4:</b>	Prueba de Tukey al 5 % para el diámetro ecuatorial de la pella (cm).....	<b>57</b>
<b>Tabla 15-4:</b>	Análisis de la variancia para la variable dureza de la pella (kgf cm <sup>-2</sup> ).....	<b>59</b>
<b>Tabla 16-4:</b>	Prueba de Tukey al 5 % para dureza de la pella (kgf cm <sup>-2</sup> ).....	<b>60</b>
<b>Tabla 17-4:</b>	Análisis de la variancia para el peso de la pella (g planta <sup>-1</sup> ).....	<b>61</b>
<b>Tabla 18-4:</b>	Prueba de Tukey al 5 % para el peso de la pella (g planta <sup>-1</sup> ).....	<b>62</b>

<b>Tabla 19-4:</b> Análisis de la variancia para el AT % ácido cítrico a temperatura ambiente .....	<b>64</b>
<b>Tabla 20-4:</b> Análisis de la variancia para el AT % ácido cítrico a temperatura a 6 °C.....	<b>65</b>
<b>Tabla 21-4:</b> Análisis de la variancia para AT % ácido cítrico a temperatura de 0 °C.....	<b>67</b>
<b>Tabla 22-4:</b> Análisis de la variancia para el pH a temperatura ambiente .....	<b>68</b>
<b>Tabla 23-4:</b> Análisis de la variancia para el pH a temperatura de 6 °C.....	<b>69</b>
<b>Tabla 24-4:</b> Análisis de la variancia para el pH a temperatura de 0 °C.....	<b>71</b>
<b>Tabla 25-4:</b> Análisis de la variancia para Vitamina C a temperatura ambiente.....	<b>72</b>
<b>Tabla 26-4:</b> Análisis de la variancia para el pH a temperatura de 0 °C.....	<b>73</b>
<b>Tabla 27-4:</b> Análisis de la variancia para el pH a temperatura de 0 °C.....	<b>75</b>
<b>Tabla 28-4:</b> Análisis microbiológico durante el almacenamiento de brócoli .....	<b>76</b>
<b>Tabla 29-4:</b> Análisis de la variancia para el rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ).....	<b>78</b>
<b>Tabla 30-4:</b> Prueba de Tukey al 5 % para el rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ) .....	<b>78</b>
<b>Tabla 31-4:</b> Análisis económico por tratamiento en el cultivo de brócoli .....	<b>80</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Ciclo del potasio en el suelo.....	<b>7</b>
<b>Figura 2-2:</b> El potasio en la apertura y el cierre de las estomas en la planta .....	<b>10</b>
<b>Figura 2-2:</b> Etapas fenológicas del cultivo de brócoli.....	<b>20</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-4:</b>	Efecto de los tratamientos en la altura de planta, en el cultivo de brócoli.....	<b>40</b>
<b>Ilustración 2-4:</b>	Efecto de los tratamientos para la biomasa aérea total (g planta <sup>-1</sup> ) .....	<b>44</b>
<b>Ilustración 3-4:</b>	Efecto de los tratamientos en la biomasa de la pella (g planta <sup>-1</sup> ).....	<b>45</b>
<b>Ilustración 4-4:</b>	Efecto de los tratamientos en la extracción de nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> ) .....	<b>48</b>
<b>Ilustración 6-4:</b>	Efecto de los tratamientos en la extracción de K (kg ha <sup>-1</sup> ).....	<b>55</b>
<b>Ilustración 7-4:</b>	Efecto de los tratamientos en la extracción de K en la pella (kg ha <sup>-1</sup> ).....	<b>56</b>
<b>Ilustración 8-4:</b>	Efecto de los tratamientos en el diámetro de la pella(cm).....	<b>58</b>
<b>Ilustración 10-4:</b>	Efecto de los tratamientos sobre el peso de la pella (g planta <sup>-1</sup> ).....	<b>63</b>
<b>Ilustración 11-4:</b>	Efecto de los tratamientos sobre la concentración del AT (%) .....	<b>64</b>
<b>Ilustración 12-4:</b>	Efecto de los tratamientos sobre la concentración del ácido cítrico (%) .....	<b>66</b>
<b>Ilustración 13-4:</b>	Efecto de los tratamientos sobre la concentración del ácido cítrico (%).....	<b>67</b>
<b>Ilustración 14-4:</b>	Efecto de los tratamientos sobre el pH a temperatura ambiente.....	<b>69</b>
<b>Ilustración 15-4:</b>	Efecto de los tratamientos sobre el pH a temperatura de 6 °C.....	<b>70</b>
<b>Ilustración 16-4:</b>	Efecto de los tratamientos sobre el pH a temperatura de 0°C.....	<b>71</b>
<b>Ilustración 17-4:</b>	Efecto de los tratamientos sobre la Vitamina C a temperatura ambiente.....	<b>73</b>
<b>Ilustración 18-4:</b>	Efecto de los tratamientos sobre la Vitamina C a Temperatura de 6 °C.....	<b>74</b>
<b>Ilustración 19-4:</b>	Efecto de los tratamientos sobre la Vitamina C a temperatura de 0 °C.....	<b>75</b>
<b>Ilustración 20-4:</b>	Efecto de los tratamientos sobre el Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ), .....	<b>79</b>

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

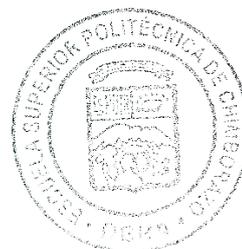
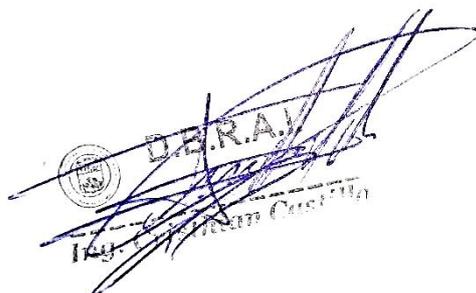
- ANEXO A:** UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO EN EL CANTÓN PUJILÍ
- ANEXO B:** DISPOSICIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN EL SITIO EXPERIMENTAL.
- ANEXO C:** ALTURA DE PLANTA EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI.
- ANEXO D:** PESO SECO DE LA BIOMASA TOTAL EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI.
- ANEXO E:** CALIDAD DE LA PELLA EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI
- ANEXO F:** EXTRACCIÓN TOTAL DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI
- ANEXO G:** EXTRACCIÓN TOTAL DE FÓSFORO EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI
- ANEXO I:** EXTRACCIÓN TOTAL DE POTASIO EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI
- ANEXO J:** ANÁLISIS EN BRÓCOLI ALMACENADOS
- ANEXO K:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN BRÓCOLI
- ANEXO L:** RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI
- ANEXO M:** ANÁLISIS ECONÓMICO EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI
- ANEXO Ñ:** ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO SUELO

## RESUMEN

Esta investigación tuvo por objetivo evaluar el efecto de las formulaciones potásicas en el rendimiento y calidad del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L.) var. Itálica, se realizó esta investigación en el cantón Pujilí en la Hacienda la campiña conjuntamente con el INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, para lo que se empleó el diseño de bloques completamente al azar, con 4 repeticiones y 8 tratamientos. En el factor dosis de potasio (K), se aplicó un solo nivel de 300 kg K ha<sup>-1</sup> con distintos fertilizantes como Nitrato de Potasio (13,5% N, 45% K<sub>2</sub>O), Sulfato de Potasio (52% K<sub>2</sub>O, 18% S) y Polysulphate (14% K<sub>2</sub>O, 17% CaO, 6% MgO, 19% S), con un testigo nutricional donde no se incorporó (0% de K) y un testigo absoluto (0% de fertilización). Las unidades experimentales consistieron en parcelas de 42 m<sup>2</sup> en cuyo interior se concretó una parcela neta de 16,5 m<sup>2</sup> con 10 plantas de brócoli (*Brassica oleracea* L.) var. Avenger que fueron seleccionadas al azar para el registro de datos. Los métodos que se evaluaron para el efecto de las formulaciones potásicas fueron: altura de la planta, biomasa, diámetro de ecuatorial, dureza de la pella, extracción de nutrientes peso de pella, vida en anaquel, rendimiento de pellas y se realizó un análisis económico utilizando la relación beneficio/costo. Para el análisis e interpretación de resultados se realizó análisis de varianza obteniendo el mejor resultado con la aplicación del T5 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5). con el que tuvo una altura de 52,78 cm, una biomasa de 154,37 g planta, una extracción con una cantidad de N; 42,68 kg ha<sup>-1</sup> de P; 329,12 kg ha<sup>-1</sup> de K, kilogramos hectarea respectivamente, y un rendimiento de 24,17 toneladas hectarea de pellas. Se concluyó que la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5). influye directamente en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L.) var. Avenger. Se invita implementar el Polysulphate para mejorar la fertilidad del suelo e incrementar sus rendimientos y a su vez sus ingresos económicos.

**Palabras clave:** <POLYSULPHATE>, <EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES>, <BIOMASA>, <FORMULACIONES POTASICAS>, <PELLAS>

0127-DBRA-UPT-2023



## ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of potassium formulations on the yield and quality of broccoli (*Brassica oleracea L.*) var. Itálica. This research was carried out in the canton Pujilí at the Hacienda la Campiña with the help of INIAP, Santa Catalina Experimental Station, using a completely randomized block design, with 4 replications and 8 treatments. In the potassium (K) dose factor, a single level of 300 kg K ha<sup>-1</sup> was applied with different fertilizers such as Potassium Nitrate (13.5% N, 45% K<sub>2</sub>O), Potassium Sulfate (52% K<sub>2</sub>O, 18% S) and Polysulphate (14% K<sub>2</sub>O, 17% CaO, 6% MgO, 19% S), with a nutritional control where it was not incorporated (0% K) and an absolute control (0% fertilization). The experimental units consisted on 42 m<sup>2</sup> plots with a net plot of 16.5 m<sup>2</sup> with 10 broccolis (*Brassica oleracea L.*) var. Avenger plants randomly selected for data recording. The evaluated methods for the effect of the potassium formulations were: plant height, biomass, equatorial diameter, pellet hardness, nutrient extraction, pellet weight, shelf life, pellet yield and an economic investigation was performed using the cost-benefit analysis. For the interpretation analysis of results, an examination of variance was performed, obtaining the best result with the application of T5 450 kg ha<sup>-1</sup> of Polysulphate (T5), with which it had a height of 52.78 cm, a biomass of 154.37 g plant, an extraction with an amount of N; 42.68 kg ha<sup>-1</sup> of P; 329.12 kg ha<sup>-1</sup> of K, kilograms per hectare respectively, and a yield of 24.17 tons per hectare of pellets. It was concluded that the application of 450 kg ha<sup>-1</sup> of Polysulphate (T5) directly influences broccoli (*Brassica oleracea L.*) var. Avenger yield. It is suggested to implement Polysulphate to improve soil fertility and increase yields and in turn economic income.

**Key words:** <POLYSULPHATE>, <NUTRIENT EXTRACTION>, <BIOMASSE>, <POTASSIUM FORMULATIONS>, <PELLASTS>.



---

Lcda. Elsa A. Basantes A. Mgs

C.I: 0603594409

## INTRODUCCIÓN

La producción mundial de brócoli en el año 2020, fue de 47 millones de toneladas, de las cuales el 81% se concentraba en tres países, como China, Estados Unidos e India (Sánchez, 2019, p.132). Según los datos del Banco Central del Ecuador en 2020, las exportaciones de brócoli generaron ingresos por 83 millones USD, con una siembra promedio de más de 10000 ha, con un rendimiento de 196 mil toneladas métricas y un rendimiento promedio de 28 t ha<sup>-1</sup> (Coba, 2020, p.33).

A nivel provincial, Cotopaxi sembró 9333 ha, Chimborazo 335 ha y Tungurahua 41,40 ha (INEC, 2019, p.97). El brócoli más utilizado es Avenger, que se caracteriza por una amplia adaptabilidad, excelente calidad y alto rendimiento, que lo convierte en un líder en el mercado del consumo fresco y la industria de congelados (Sakata, 2016; Haro y Maldonado, 2019).

En las zonas productoras del Ecuador se presentan problemas de fertilidad del suelo, que son asociados con una fertilización desbalanceada, alta salinidad, labranza excesiva y otros. Por lo general se aplican nutrientes con dosis altas de fertilizantes inorgánicos de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 250 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 80 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 29 kg ha<sup>-1</sup> de Mg y 0,61 kg ha<sup>-1</sup> de S (Hernández, Barbazán, & Perdomo, 2010).

En una investigación realizada con compost en brócoli por el INIAP en la Granja San Pablo (Chimborazo), se determinó que el mejor tratamiento alcanzó un rendimiento de 22,3 t ha<sup>-1</sup> con una dosis de 25 t ha<sup>-1</sup> de compost + 227 kg ha<sup>-1</sup> de sulphomag y 333 kg ha<sup>-1</sup> de roca fosfórica, además, se observó que el elemento que más limita el desarrollo y la productividad del cultivo fue el potasio con 6,2 t ha<sup>-1</sup> (Sakata, 2016; Haro y Maldonado, 2019).

Por ese motivo se buscan nuevas alternativas de fertilización, que sean sustentables y económicamente viables para proteger al productor y al consumidor (Vargas, 2007; Terán, 2012; Zamora, 2016; Theodoropoulos y Lardizábal, 2018).

El potasio, es un nutriente esencial, debido a su participación muy importante en la fotosíntesis, la respiración ya que activa más de sesenta enzimas fundamentales para el desarrollo de las plantas, la calidad de los frutos y contribuye a mejorar la rentabilidad del cultivo (Hernández, Barbazán, & Perdomo, 2010).

Las funciones más importantes de este elemento son: regular el estado hídrico de la planta, favorecer la absorción de agua, activar el cierre y la apertura de estomas, aumentar la tolerancia

a la sequía, heladas, salinidad y al ataque de enfermedades (Matts, 2015, p.43). Las fuentes fertilizantes potásicas que más se utilizan en el mercado son: cloruro de potasio (60%  $K_2O$ ), sulfato de potasio (50%  $K_2O$ , 18% S) y sulpomag (22%  $K_2O$ , 18% S, 22%  $MgO$ ) (Bloodnick, 2017; Ramírez, 2018; Atho, 2019).

En la actualidad, en el país se está importando el fertilizante Polysulphate, un fertilizante potásico, con bajo contenido de cloruro, que es más seguro para las plantas, amigable con el medio ambiente; de fácil absorción para las raíces y cuya incorporación en el suelo mejora la distribución de nutrientes y proporciona cuatro elementos esenciales: 14%  $K_2O$ , 17%  $CaO$ , 6%  $MgO$  y 58%  $SO_4$ , siendo adecuado para extender la vida útil e incrementar la calidad de los productos, mejorar el aspecto y el sabor; por tener un bajo índice de salinidad y pH neutro, no tiene efectos sobre el pH y tampoco en la conductividad eléctrica del suelo, lo que le permiten ser una fuente, aceptada en agricultura orgánica que es compatible con todo tipo de suelos, fertilizantes y cultivos.

Se han reportado incrementos en el rendimiento, de un 40-80% en el cultivo de col con la sustitución parcial de cloruro de potasio por Polysulphate (Vale y Silva, 2017; Imas, 2020).

En este contexto, el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y el Instituto Internacional del Potasio (IPI), realizaron esta investigación con el fin de corroborar las propiedades del Polysulphate como una nueva alternativa para mejorar el aporte de potasio en el cultivo de brócoli y alcanzar un rendimiento óptimo, considerando los aportes que produce el suelo, extracción de nutrientes y uso eficiente del fertilizante.

## CAPITULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Identificación del problema

El bajo rendimiento y la calidad de las pellas en el cultivo de brócoli, se debe a la deficiencia de potasio, que cumple funciones en la planta como: fotosíntesis, síntesis de proteínas, activación de enzimas, esto ocasiona pérdidas afectando el ingreso de los agricultores. Es por eso, que con la aportación de las diferentes formulaciones se busca determinar el efecto del potasio para mejorar la calidad y el rendimiento del cultivo de brócoli.

#### 1.2. Limitaciones y delimitaciones

Este proyecto de investigación está delimitado de acuerdo a los siguientes ítems.

- **Objeto de estudio:** Evaluar las formulaciones potásicas en el rendimiento y calidad del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L) var. Itálica. Híbrido Avenger
- **Campo de acción:** Agricultura sustentable
- **Localización:** Provincia: Cotopaxi, Cantón: Pujilí, Parroquia Pujilí, Comunidad: San Alfonso.

#### 1.3. Problemas General de Investigación

Estudios previos mostraron que existe asociación estadística entre el método de infestación y el número de hembras por cladodio, estos hallazgos se deberán rechazar o aceptar en la presente investigación que busca responder la siguiente pregunta:

¿Cuál es la eficacia de evaluar las formulaciones potásicas en el rendimiento y calidad del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L) var Itálica? Híbrido Avenger

#### 1.4. Problemas específicos de la Investigación

- ¿Cuál es la formulación potásica que mejora el rendimiento y calidad del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L) var Itálica? Híbrido Avenger

- ¿Cuál es la curva de extracción de N, P y K en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L) var? Itálica. Híbrido Avenger
- ¿Son viables económicamente los tratamientos en estudio?

## **1.5. Objetivos**

### ***1.5.1. Objetivo general***

Evaluar las formulaciones potásicas en el rendimiento y calidad del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L) var. Itálica. Híbrido Avenger

### ***1.5.2. Objetivos específicos***

- Determinar el efecto de las formulaciones potásicas en el rendimiento y calidad del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L) var. Itálica. Híbrido Avenger.
- Realizar la curva de extracción de N, P y K en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L) var. Itálica. Híbrido Avenger
- Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

## **1.6. Justificación**

### ***1.6.1 Justificación Teórica***

Debido a la importancia que tiene el cultivo del brócoli por sus propiedades nutricionales y valor de exportación, es necesario establecer estudios sobre diversos fertilizantes potásicos disponibles en el mercado y realizar recomendaciones de fertilización, considerando la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Por lo tanto, es necesario implementar una nueva opción, como es el uso del Polysulphate, puesto que este fertilizante se presenta como una alternativa, que permite mejorar la producción, calidad y rentabilidad del cultivo y que ayuda a potenciar sus características nutritivas.

En la actualidad, existe escasa información sobre esta fuente de potasio en el país y la importancia que tiene en la nutrición, lo cual conlleva a profundizar su estudio sobre la contribución

nutricional que ofrece este fertilizante, buscando mejorar e incrementar el desarrollo del cultivo, obtener productos de mejor calidad y más saludables.

### **1.2.1 Justificación práctica**

La ejecución de esta investigación busca realizar una recomendación, con la fuente más eficiente y económica, que se pueda utilizar para mejorar la producción, y a su vez ayudar a los agricultores a reducir el riesgo de contaminación del agua, del suelo y plantas, al optimizar los recursos, y contribuir a aumentar la producción y calidad de esta hortaliza.

El uso excesivo de los productos químicos por los agricultores de la Comunidad Siguisili, Parroquia San Alfonso, Cantón Pujilí, Provincia de Cotopaxi, hace que el suelo agrícola de este sector ocasione problemas, como la salinización; acumulación de sales provenientes del exceso de fertilizantes aplicados al suelo y que no son consumidos por la planta, que a la larga no le permite la movilización de los nutrientes desde el suelo hacia las raíces de las plantas que como defecto de este problema no habrá una buena producción de los cultivos de brócoli.

Ante este problema surge la opción de la fertilización orgánica con el uso de esta fuente de potasio como es el uso del Polysulphate que consiste en una producción sana para el hombre y el medio ambiente. Los resultados de este estudio serán compartidos a los productores de brócoli de las diferentes regiones para mejorar las recomendaciones de fertilizantes de suelo para cultivos y complementar los biofertilizantes existentes en el mercado; enfocándose en la producción ecológica, sustentable y económicamente viable.

## **1.7. Hipótesis de la investigación**

### **1.7.1 Hipótesis Nula**

**H<sub>0</sub>:** Las formulaciones potásicas no influyen de manera significativa en el rendimiento y calidad de la pella en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L) var. Itálica. Híbrido Avenger.

### **1.7.2. Hipótesis Alternativa**

**H<sub>1</sub>:** Al menos una formulación potásica influye de manera significativa en el rendimiento y calidad de la pella en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L) var. Itálica. Híbrido Avenger.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. El potasio en el suelo

##### 2.1.1. Generalidades

El potasio en la superficie de la tierra está disponible en forma inorgánica como catión  $K^+$ ; habitualmente el suelo tiene un contenido de 30 - 300 ppm cuyas principales fuentes potásicas son los feldespatos (ortoclasa) que son minerales primarios, y las arcillas tipo micas que poseen una mayor retención de potasio en el suelo. La illita y vermiculita son las principales arcillas que proveen al suelo de este elemento esencial, dependiendo de una mayor o menor alteración que sufran los mismos. Dependiendo del tipo de suelo y las condiciones ambientales, la disponibilidad de potasio puede variar (Guy,2020, pp.122-129).

Generalmente el potasio en el suelo se especifica de distintas maneras:

Potasio estructural o potasio de reserva.

Potasio fijado.

Potasio intercambiable

Potasio en la solución de suelo.

##### 2.1.2. Potasio estructural

Es el fragmento que se encuentra en el suelo, en forma de feldespatos, arcillas y micas. Las plantas no pueden absorber el potasio en esta manera insolubles. No obstante, este proceso contribuye con un 90-99% del potasio total, pero en esta etapa el elemento no se encuentra utilizable para las plantas (Lara, 2002, pp.11-21).

##### 2.1.3. Potasio fijado

Es el potasio no intercambiable, que se encuentra atrapado en el espacio interlaminar de diferentes arcillas. Estos tienen la capacidad de fijar potasio modificando las láminas arcillosas por medio de procesos de dilatación y contracción. El potasio solamente permanece temporalmente

disponible para las plantas a través de diferentes tipos de humedad que posee el suelo, el potasio fijado lentamente queda disponible en la solución del suelo (Hernández, 1992, p.52).

#### 2.1.4. Potasio intercambiable

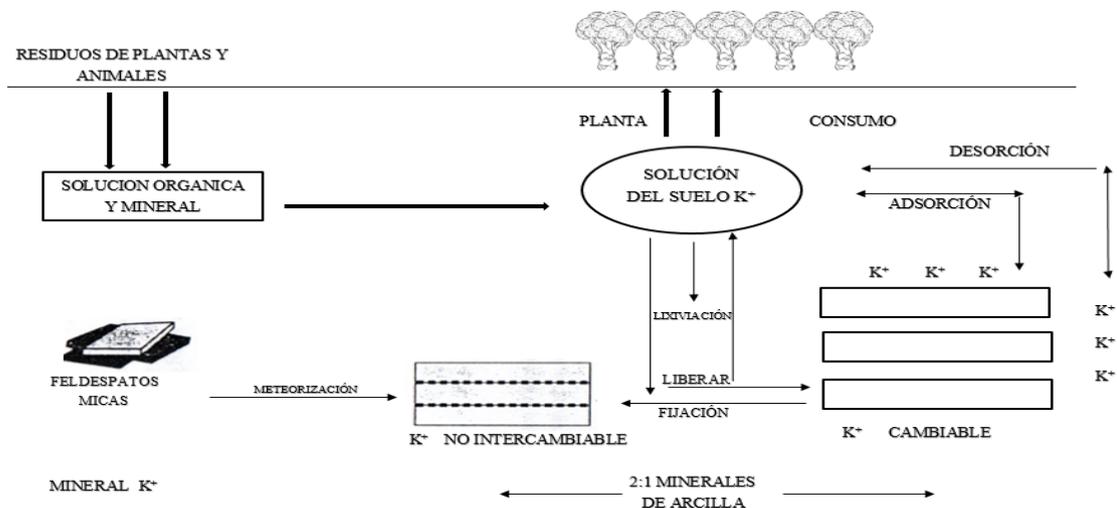
Es la forma en la que se encuentra el potasio disponible en la superficie, donde las plantas pueden acceder fácilmente sin ningún gasto de energía, la adsorción del potasio ocurre en la superficie de las partículas de las arcillas y de la materia orgánica en el suelo, de esta manera se encuentra en un equilibrio con las soluciones del suelo. Por lo general en los análisis de suelos se miden el potasio intercambiable (Montoya, 2007, pp.73-81).

#### 2.1.5. Potasio en la solución del suelo

El potasio que se encuentra disponible en la solución del suelo es de fácil aprovechamiento para las plantas. Sin embargo, las concentraciones son demasiadas pequeñas y se encuentra en un rango de 0,1-1000 ppm. No obstante, la planta extrae el  $K^+$  de la solución del suelo, su concentración se repone inmediatamente por el potasio en la forma intercambiable (Lazcano, 2006, p.57).

#### 2.1.6. Ciclo del potasio en el suelo

El potasio se localiza en la superficie terrestre de distintos silicatos, es indispensable para la vida de microorganismos que se benefician de manera natural para su subsistencia y alimentación; el conjunto de métodos químicos y biológicos que se localiza en rocas de origen magmático como: micas y feldspatos hacen que este elemento circule por toda la solución del suelo (Conti, 2000, pp.25-37).



**Figura 1-2: Ciclo del potasio en el suelo**

Realizado por: Román M., 2022.

Además, según Conti (2000, p.35) existen formas iónicas libres en el suelo, adsorbidas en el complejo de intercambio en ciertos tipos de arcillas, y los distintos procesos del ciclo biogeoquímico del potasio se manifiestan en función de la condición como se encuentra el potasio. Las plantas absorben el potasio de manera directa, el cual posee una evolución constante en el suelo que cuenta con las siguientes fases:

Fase de Retrogradación.

Fase de Mineralización.

Fase de Solubilización.

Fase de Meteorización.

#### *2.1.6.1. Fase de Retrogradación*

Es un proceso en el cual el potasio es sujeto en espacios interlaminares, concretamente en arcillas tipo 2:1 como la vermiculita. En este contexto, entra en función de la naturaleza de los mismos y de la concordancia que posea con los cationes (Aguirre, 2016, pp.15-37).

#### *2.1.6.2. Fase de Mineralización*

Se ocupa de la desintegración de residuos orgánicos con la actuación de los microorganismos de la superficie. De este modo, es absorbido el potasio que se encuentra en los organismos muertos, que incluyen animales y vegetales (Armijo, 2017, pp.105-137).

#### *2.1.6.3. Fase de Solubilización*

Es una fase donde se encarga de la absorción del potasio en la corteza terrestre a través de las plantas. A medida que el elemento se extingue, este mismo se restablece gracias a los otros procesos mencionados anteriormente, es reemplazado mediante la perseverancia del ciclo y diferentes procesos químicos y biológicos (Arias, 2020, pp.10-22).

#### *2.1.6.4. Fase de Meteorización*

Consiste en la desintegración química que sucede por agentes externos. Con la principal consecuencia, en la cual influye directamente a la atmósfera, biosfera e hidrosfera de distintas maneras. El contenido de potasio móvil en el suelo, que es la principal forma de nutrición por parte de las plantas constituye sólo el 0,5 - 2 % de las reservas globales de  $K_2O$ . Por consiguiente,

cerca del 99 % del potasio global de los suelos está compuesta de formas no intercambiables (Conti,2000, p.33).

## **2.2. El potasio en las plantas**

### ***2.2.1. Importancia del potasio en la planta***

El potasio es el tercer macro elemento primario muy requerido para la nutrición de las plantas, tiene una calidad esencial en la regulación del potencial osmótico de las células vegetales. Las raíces absorben este elemento primario de la solución del suelo por un intercambiando entre  $H^+$  y el  $K^+$  y asimismo de la solución de la materia orgánica o de las arcillas; lo más esencial que cumple el elemento está en función de las relaciones hídricas de la planta con el ambiente (Taiz & Zeiger, 2006: p.76).

Uno de los roles más importantes que cumple, es la apertura y cierre estomático, esto es gracias a que el potasio se acumula en las células vegetales que envuelven a los estomas o células guarda, donde la osmosis provoca que las células almacenen agua hasta un punto que se colmen, aplicando una presión entre los orificios estomáticos causando que se abran. En este contexto, produciendo un cambio entre el  $CO_2$  y gases atmosféricos (Conti,2000, p.26). Además, que las plantas desempeñan una liberación de oxígeno y agua, si el abastecimiento de potasio es incorrecto la rapidez en que se abren o cierran las estomas disminuirá considerablemente, consiguiendo una notable pérdida de agua (Castellano,2015, pp.119-121).

### ***2.2.2. Funciones generales del potasio en las plantas***

El potasio es el macro elemento más exuberante en el citoplasma y es extraído desde la solución del suelo por las plantas de manera iónica como  $K^+$  (Hopkins & Hüner, 2009: p.234).

A pesar que el potasio no participa en formar complejos orgánicos, es el principal responsable de la dinámica inorgánica, debido a su participación en la activación de más de sesenta enzimas implicadas esencialmente en los procesos de fotosíntesis y respiración, siendo muy importante para el desarrollo vegetal (Hernández, 2016: p.87).

Las funciones más importantes de este elemento esencial son la participación en la síntesis de carbohidratos y proteínas, mejorando así la eficacia de la fertilización nitrogenada aplicada mediante la conversión del nitrato en el suelo, al mismo tiempo de mantener el sistema hídrico de la planta, regular el cierre y apertura estomático y la tolerancia de sequías, heladas, salinidad y

enfermedades; los valores representativos de potasio en las plantas son del 3 al 4% de materia seca (Moreno, 2007, p.89).

### 2.2.3. Síntomas de deficiencia del potasio en las plantas

Las plantas que son deficientes de potasio son sencillamente reconocibles por su marchites en días secos y soleados, además provoca una tardanza en el aumento vegetal, ocasionando la retranslocación eficiente del  $K^+$  desde las hojas a frutos, volviendo a estos órganos cloróticos y necróticos en situación de deficiencia severa (Martínez & Garcés, 2010: p.90).

En este contexto, las deficiencias de este macro elemento ocasionan una gran descomposición de tejidos por el aumento en la división de ciertas hidrolasas y oxidasas que al mismo tiempo ocasionan algunos cambios en su estructura química siendo significativos provocando algunas acumulaciones de carbohidratos solubles y compuestos sencillos de nitrógeno, precisamente como la baja de la estructura del almidón (Martínez & Garcés, 2010: p.78). Además, la deficiencia de este elemento produce pérdida de turgencia y marchitamiento, que se ven más acentuados al existir déficit hídrico (Martínez & Garcés, 2010: p. 67).

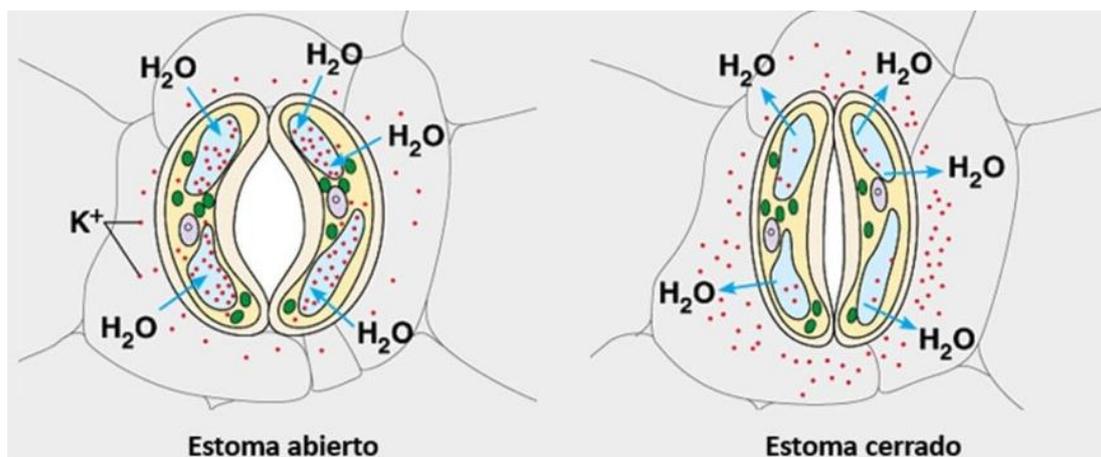


Figura 2-2: El potasio en la apertura y el cierre de las estomas en la planta

## 2.3. Fertilización inorgánica a base de potasio

### 2.3.1. Importancia de la fertilización inorgánica

La fertilización inorgánica consiste en la aplicación de fórmulas concentrada de origen mineral y con enorme facilidad para disolverse en la solución del suelo, que proveen elementos esenciales que son vitales para la nutrición de las plantas. Sus contenidos de uno o varios de los elementos

nutritivos que requieren las plantas, así como las principales características físicas y químicas que presentan los fertilizantes determinan su eficiencia para condiciones específicas de suelo y cultivo (Ponce,2006,p.65).

Generalmente, los diferentes fertilizantes se comercializan en costales de 50 kg, la mejor manera de expresar el contenido de nutrimental de las distintas de fuentes fertilizantes es porcentual. (Ponce,2006,p.77).

Los demás productos que no están presentes en el contenido nutrimental notables en la fórmula química pertenece a la parte complementaria de los mismos tal es el caso como: sulfatos, cloruros y otras. El macro elemento Ca, los oligoelementos las impurezas y los distintos materiales de relleno inertes como: es la arena, arcilla y la diatomita. Las ventajas de usar fertilizantes de alta cantidad nutrimental son los diferentes porcentajes de concentración y menores costos para almacenar y las necesidades de mano de obra para manipularlo son menores y puede efectuarse una distribución rápida (Ponce,2006, p.89).

### **2.3.2. Fuentes de fertilizantes potásicos**

El potasio elemental no se encuentra en estado puro en la naturaleza debido a su alta reactividad, los depósitos de potasio se presentan como un yacimiento de sales sólidas debajo de la superficie de la tierra y dos en salmueras de lagos muertos u océanos. El potasio es extraído de varios minerales, siendo la silvinita y langbeinita los más importantes. La silvinita está básicamente compuesta de cloruro de potasio (KCl) y cloruro de sodio (NaCl) con un contenido de  $K_2O$  entre el 20 y 30% (Inpofos, 2000, p.12).

Uno de los fertilizantes de mayor uso para los agricultores es el  $KNO_3$  (13,5% N, 45%  $K_2O$ ) es una de las mejores fuentes fertilizantes totalmente solubles que contiene dos de los principales elementos esenciales de vital importancia. Se usa comúnmente como fertilizante para cultivos de alto valor que se benefician de los nutrientes de nitrato ( $NO_3^-$ ) y una fuente de potasio (K) que no contiene cloruro ( $Cl^-$ ). La langbeinita está compuesta mayormente de sulfato de potasio  $K_2SO_4$  (Inpofos, 2000, p.43).

### **2.3.3. Fertilizantes potásicos**

La producción agrícola se ha incrementado en la mayoría de los países mediante el beneficio que tienen los fertilizantes, el primer macro elemento que fue aplicado P y N después de algún tiempo,

pero con mucha frecuencia las reservas de potasio en los suelos han sido suficientes para mantener una producción alta durante años (Inpofos, 2000, p.65).

Entre los fertilizantes potásicos comerciales tenemos los siguientes:

#### ***2.3.4. El nitrato de potasio***

El nitrato de potasio es un compuesto de fórmula química  $\text{KNO}_3$  (13,5% N, 45%  $\text{K}_2\text{O}$ ), es un polvo impuro blanco o gris con propiedades físicas, es un oxidante y es fácilmente soluble en agua. Este compuesto existe en el grupo nitro mineral en la naturaleza. Es un componente del salitre, junto con el nitrato de sodio (Ronen & Chemicals, 2007: pp. 23-25).

El nitrato de potasio con una pureza superior al 90% se utiliza como fertilizante. Es la fuente de potasio y nitrógeno, dos nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Proporciona a las plantas resistencia a las heladas y enfermedades. Minimiza la absorción de cloro y se recomienda para cultivos sensibles a la salinidad porque puede contrarrestar los efectos del sodio (Guerrero, 2018: pp.425-430).

##### ***2.3.4.1. Propiedades físico químicas del nitrato de potasio***

Por la neutralización, el nitrato de potasio es obtenido de los compuestos básicos (hidróxido potásico KOH) con la adición del ácido nítrico  $\text{HNO}_3$ . Se une el átomo de hidrógeno del  $\text{HNO}_3$  con los átomos de hidrógeno y oxígeno del KOH, formando agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ); y el de potasio sobrante del KOH con los de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) sobrantes del  $\text{HNO}_3$ :  $\text{KOH} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{KNO}_3$  (Ronen y Chemicals, 2007: p.189). Además, existe de forma natural, mineral denominado nitro, que suele estar combinado con nitratina (nitrato de sodio) formando salitre (Armenta, 2001: pp.61-75).

El fertilizante nitrato de potasio es fácilmente soluble en el agua, y su disolución es mayor mediante aumentos en la temperatura. La solución acuosa es casi neutra, exhibe un pH 6,2 a  $14^\circ\text{C}$  para una solución al 10% de polvo comercial. No es muy higroscópico, absorbe aproximadamente 0,03% de agua en 80% de humedad relativa durante 50 días. Es insoluble en alcohol y no es venenoso; puede reaccionar explosivamente con agentes reductores, pero no es explosivo por sí mismo (Ronen y Chemicals, 2007: p.201).

### **2.3.5. Sulfato de potasio**

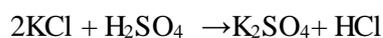
El  $K_2SO_4$  (52%  $K_2O$ , 18% S) en cultivos de áreas extensivas permite la renovación de azufre al suelo y ayuda a la asimilación tanto de azufre como potasio; en suelos alcalinos o salinos ayuda a disminuir el pH en la zona radicular de las plantas, mejorando el aprovechamiento de otros nutrientes disponibles en el suelo, como el Fósforo (P), Hierro (Fe) y micronutrientes; además posee la cualidad de ser menos sensible a la lixiviación en comparación a otras presentaciones de fertilizantes potásicos, en suelos ligeramente ácidos ayuda a disminuir la lixiviación de cationes y pérdidas de potasio (Coronel, 2003, p.24).

#### **2.3.5.1. Propiedades físico químicas del sulfato de potasio**

Se presenta en un polvo fino cristalino de color blanco, aunque se puede tolerar con un matiz amarillento, Posee el 1,2% de humedad. Es un conjunto de cristales ortorrómbicos de color blanco, sin un aroma característico y con un sabor salino ligeramente amargo (Baquero, 2012, p.57).

Su concentración es de 46 - 50 % de  $K_2O$  y el 18 % de azufre, aunque débilmente tiende a apelmazarse. Debido a su bajo contenido de cloruro, inferior al 2,5 % es muy recomendado para aquellos cultivos que son sensibles tales como frutales y tomates, patatas y ayuda a suplir el azufre, no es cáustico por lo que se recomienda aplicar junto a la semilla (Rodríguez, 2014: pp.695-701).

Se lo puede obtener mediante la reacción del cloruro de potasio con el ácido sulfúrico.



### **2.3.6. Polihalita (Polysulphate)**

#### **2.3.6.1. Introducción**

El Polysulphate es un fertilizante natural multinutriente que se puede extraer en el Reino Unido en su estado natural. Posee cuatro nutrientes que lo convierten en un beneficio único en donde posee: azufre, magnesio, potasio y calcio. Es una sustancia soluble, por lo que sus nutrientes pueden ser absorbidos rápidamente por las plantas. (Imas, 2020, p.5).

El fertilizante nuevo de Polysulphate proviene de la roca polihalita de una capa delgada, por debajo de los 1000 m del Mar del Norte en la playa norte de Yorkshire, Reino Unido. Su

acumulación lleva aproximadamente más de 260 millones de años, su ubicación esta entre 150-170 m por encima de la franja de potasa en la Mina Boulby, Cleveland. La reserva importante de Polysulphate se logró alcanzar en el año 2010 en el mes de septiembre, al conseguir una de las primeras muestras que arrojó la mina y logrando ser llevadas hasta la superficie terrestre. Se han hecho cálculos que hay 1000 millones de Tn utilizables a partir de este fertilizante natural (Redacción, 2021, p.36).

El contenido del Polysulphate:

- 58 % de azufre como sulfato ( $\text{SO}_4$ ), o 19,2 % de S.
- 14% de potasio como oxido ( $\text{K}_2\text{O}$ ), o 11,6 % de K.
- 6% de magnesio como oxido ( $\text{MgO}$ ), o 3,6 % de Mg.
- 17% de Calcio como oxido ( $\text{CaO}$ ), o 12,2 % de Ca.

#### *2.3.6.2. Beneficios del Potasio, Magnesio y Calcio en el Polysulphate*

Además del sulfato, el Polysulphate tiene la ventaja añadida de niveles valiosos de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), magnesio ( $\text{MgO}$ ) y calcio ( $\text{CaO}$ ) (Imas, 2020, pp.10-11).

El potasio se reconoce como un insumo regular necesario, con recomendaciones basadas en los índices del suelo y la remoción en la cosecha. Pero las encuestas han demostrado que las reservas están cayendo, con más suelos arables en el índice 0 o 1. La mayor parte del potasio en una cosecha de cereales recolectada está en la paja. Entonces, cuando vender paja tiene sentido comercial, es importante aumentar los aportes de potasio para compensar. El potasio del Polysulphate complementa las aplicaciones rutinarias de fertilizantes (Rommel, 2020: pp.62-64).

El magnesio a menudo solo se aplica a algunos cultivos comerciales y hortalizas. Este macronutriente es parte de la clorofila en todas las plantas verdes y es esencial para la fotosíntesis. Se elimina en cantidades significativas en la cosecha de todos los cultivos y una aplicación de Polysulphate proporcionará un aporte útil de un nutriente que con frecuencia se pasa por alto (Silva, 2019, p.13).

El cuarto componente del Polysulphate es el calcio, lo que significa que efectivamente no tiene componentes no nutritivos. El calcio es responsable de la correcta división celular de las plantas y del fortalecimiento de las paredes celulares, el Polysulphate ayuda a mantener las reservas esenciales de calcio en el suelo (Imas, 2020, p.13).

### *2.3.6.3. Propiedades físico químicas del Polysulphate*

El Polysulphate (14% K<sub>2</sub>O, 17% CaO, 6% MgO, 19% S), es una sal de sulfato de potasio, calcio y magnesio, con un peso molecular de 602,94 g mol<sup>-1</sup>, con un color blanco con gris, transparente, brillante con una densidad 2,78 g cm<sup>-3</sup> (Castoldi, 2021, p.16).

Disponible en su forma natural, polihalita (comercializado como fertilizante Polysulphate) es originario del Reino Unido y tiene una baja huella de carbono. Ofrece un alto valor confiable para un bajo impacto ambiental (Yermiyahu, 2019, p.15). A diferencia de los fertilizantes combinados o compuestos, el Polysulphate está disponible en su estado natural. Se extrae, se tritura, se tamiza y se embolsa, sin necesidad de separación química u otros procesos industriales (Pavuluri, 2018, p.17).

Por lo tanto, es una fuente natural ideal para todos los cultivos, especialmente brassicae, cereales, legumbres, hortalizas de campo, praderas ricas en tréboles y cultivos de ensilaje. El bajo contenido de cloruro lo hace ideal para su uso en cultivos sensibles al cloruro (Imas, 2020, p.19). El proceso natural mediante el cual se produce el Polysulphate lo convierte en un fertilizante de baja huella de carbono. Esto ayuda a los productores a alcanzar los objetivos de carbono exigidos por los minoristas y algunos procesadores de alimentos (Barbarick, 2020, p.21).

## **2.4. La curva de extracción de nutrientes**

### ***2.4.1. Importancia***

La curva de extracción de nutrimentos es una representación gráfica de la proporción de nutrimentos extraídos por una planta a lo largo de su periodo de vida, no conforman un instrumento de diagnóstico como la exploración foliar, en este contexto, contribuyen a ofrecer solidez a los programas de fertilización, ya que conforman las porciones mínimas a las que el cultivo debería tener ingreso para generar un definido rendimiento. Estar al tanto la conducta de estas curvas, posibilita detectar las épocas de más grande demanda y absorción nutrimental a lo largo de las diversas fases fenológicas de la planta (Bertsch, 2016, pp.57-60).

La extracción de nutrientes en el cultivo son hasta la fecha el instrumento que ofrece los datos más cercanos a eso que realmente consume un cultivo a lo largo de todo su periodo de vida; por consiguiente, sirven para saber la porción mínima requerida por un cultivo que sigue definida por el rendimiento. Las obtenciones de estas curvas de absorción de nutrientes se construyen basado

en el asocio entre el peso seco de los tejidos de la planta y las concentraciones de nutrientes presentes en aquel tejido (Bertsch, 2003, p.68).

#### **2.4.2. *Determinación de dosis de fertilización***

Las investigaciones y estudios sobre absorción de nutrientes nos permiten precisar una dosis de fertilización óptima por el ciclo de vida del cultivo, lo cual compensa los requerimientos nutricionales de la planta y un gran beneficio para el agricultor; en este contexto, facilitando un programa cronológico que nos permite indicar el estado de la fuente, la época y el procedimiento para lograr el máximo beneficio de las fuentes fertilizantes (Gandica y Peña, 2015: pp.109-120).

#### **2.4.3. *Extracción de potasio en brócoli***

El británico Humphrey Davy descubrió en el año 1807 el elemento químico potasio de símbolo  $K^+$  y número atómico 19, cuyo nombre proviene del latín potassium y del alemán pottasche. El hidróxido de potasio era considerado un elemento en la época ya que era difícil de desintegrar con calor o reactivos químicos. Como resultado, el potasio fue el primer elemento metálico extraído por electrólisis (Calvino, 2007: pp.56-60)

Es absorbido por las plantas con la ayuda del agua de lluvia y se transporta fácilmente de un lugar a otro, a través de los frutos, hojas y tallos, convirtiéndolo en el otro elemento más extraído de los tejidos vegetales en niveles similares al nitrógeno (Escudero Berrián et al., 1985, p.34).

Es el séptimo elemento más abundante en la naturaleza y representa el 2,4 % del peso de la corteza terrestre. Está conectado al agua salada y se oxida rápidamente en el aire mientras es extremadamente reactivo en el agua. Es uno de los componentes más importantes de la vida, particularmente de la vida vegetal. Es necesario para el crecimiento y desarrollo de las plantas y se puede encontrar en el suelo y el agua. La principal aplicación del ser humano es en el sector agrícola, específicamente en la producción de fertilizantes (Calvino, 2007, pp.56-60)

### **2.5. Cultivo de brócoli**

#### **2.5.1. *Importancia del cultivo de brócoli***

El brócoli es un cultivo de expansión en el Ecuador, de la familia de las Brassicaceae, originaria del Mediterráneo y Asia Menor, se lo consume en fresco: en ensaladas, sopas, entre otras. (Sinagap, 2016, p.110).

Debido al incremento en la demanda mundial, la producción del brócoli entre el año 2000 al 2012 registró un crecimiento del 41,88%, pasando de 15 mil Tn ha<sup>-1</sup> producidas en el año 2000 a 21 mil Tn ha<sup>-1</sup> en el 2012; presentando así, una tendencia positiva en este periodo de tiempo, con una tasa de crecimiento anual promedio de 2,99% (Sinagap, 2016, p.133).

Ecuador exportó 56 mil toneladas, siendo el séptimo país exportador a nivel mundial; el 72,96% de estas tuvieron como destino Estados Unidos, Japón y Alemania. En Ecuador la superficie cosechada de brócoli en el año 2012 alcanzó las 3,639 hectáreas, distribuidas en ocho provincias, con una producción total de 70,000 toneladas y un rendimiento de 19,24 t h<sup>-1</sup> (Sinagap, 2016, p.166).

Las provincias de Cotopaxi y Pichincha registran la mayor cantidad de superficie cosechada de brócoli, ocupando el 82% de la superficie total nacional, Cotopaxi es la provincia con mayor producción (51,350 toneladas) con un rendimiento promedio de 28,22 t ha<sup>-1</sup> (Sinagap, 2016, p.187).

### 2.5.2. Descripción taxonómica

**Tabla 1-2:** La clasificación botánica del brócoli

Nombre Científico: *Brassica oleracea* L var. *Italica*

Reino:	Plantae
División:	Fanerogama Magnoliophyta
Clase:	Dicotiledónea Magnoliopsida
Orden:	Brassicales
Familia:	Brassicaceae
Género:	Brassica
Especie:	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Italica</i>

Fuente: (Aguilar et al., 2016, p. 112).

Realizado por: Román M., 2022

### **2.5.3. Descripción botánica**

#### **2.5.3.1. Raíz**

Las raíces son profundas que se anclan de la mejor manera para permitir la absorción de agua y nutrimentos provenientes del suelo. Una de las principales funciones que cumple las raíces es adaptarse a cualquier tipo de suelo, pero como todas las plantas, prefieren suelos ligeros con una buena uniformidad y con buen drenaje. Las raíces de estas clases de vegetales normalmente consiguen hasta 0,8 m de fondo en el suelo. Dependiendo del tipo de textura que posee el suelo; las raíces tanto secundarias, terciarias y raicillas se encuentran entre los 20 y 60 cm (Guzmán, 2012, pp.43-49).

#### **2.5.3.2. Tallo**

En el cultivo de brócoli su desarrollo en el tallo principal posee alrededor de un diámetro que esta aproximadamente de 2 a 6 cm, y de largo está cerca de 20 a 50 cm, sobre el cual se disponen las hojas en forma de corona de coliflor en el cual concluye la inflorescencia vital (Maroto 2013, p.526).

#### **2.5.3.3. Hojas**

Las hojas del cultivo de brócoli tienen un tono de color verde oscura, en forma de abanico con acículas muy claras mostrando una forma de limbo lobulado, en la base de las hojas pueden estar apareciendo pequeños nervios foliares, tanto central como hojas de tipo foliolos (Maroto, 2013, p.100).

#### **2.5.3.4. Flores**

Las flores son de tipo actinomorfa atractivo y bellas, con cuatro pétalos son de color amarillentos libres de una forme cruciformes puestas de cruz (Cásares, 2014, p.387).

#### **2.5.3.5. Inflorescencia**

La inflorescencia del brócoli consiste en primordios florales en algunos corimbos primarios que se encuentran en el extremado del tallo superior, los colores de los corimbos en el cual es muy variado según el cultivar tanto de: verde claro a verde violáceo donde se conservan estrechamente en un poco tiempo la compactación en el que los productos son soberanamente perecible Maroto (2013, p.135)

#### 2.5.3.6. *Semilla*

En el cultivo de brócoli las semillas son redondas de pardo oscuro, con más de 2 mm de largo, y se presentan 250-300 semillas sobre el grano dependiendo de la variedad de los cultivares (Hessayon, 1988, p.77)

#### 2.5.4. *Fenología del cultivo de brócoli*

El brócoli muestra 3 cambios fenológicos:

##### 2.5.4.1. *Vegetativa inicial (VI):*

Esta etapa fenológica se fortalecen los distintos procesos de elaboración de biomasa foliar (Figura 2-2), y se especifica por la formidable cinética y formaciones de hoja para que la planta pueda poseer y crecer con altas tasas de fotosintéticas con una respiración celular adecuada (Orellana et al, 2008: p.111).

##### 2.5.4.2. *Vegetativo medio (VM):*

En esta etapa fenológica del cultivo de brócoli (Figura 2-2) su principal característica es que el proceso de la formación y estructuración de la biomasa vegetativa no es totalmente cuantitativo si no cualitativo. Tanto que el crecimiento de biomasa vegetativa foliar posee influencias inductivas en la formación de la base floral y el primer evento de desarrollo de primordios foliares; en este periodo de su metabolismo a medida que la biomasa va aumentando los productos fotosintéticos van de la misma manera y dirigen el afianzamiento de la formación de la inflorescencia (Orellana et al., 2008: p.87).

##### 2.5.4.3. *Inducción floral (IF):*

En este periodo de desarrollo se forma la pella, que una vez inicia la activación de la formación apical, donde inicia con el meristemo apical dominante como en la cúpula lateral en el tallo distintamente exactamente en la base de este. En esta etapa de crecimiento del cultivo de brócoli el proceso fotosintético está completamente enfocado en la formación de la base de soporte del sitio de brote (Orellana et al, 2008: p.97).



**Figura 2-2:** Etapas fenológicas del cultivo de brócoli

Realizado por: Román M., 2022.

### 2.5.5. Valor nutricional del brócoli

El brócoli tiene un alto valor nutricional y medicinal que radica principalmente en su alto contenido de vitaminas, minerales, carbohidratos y proteínas. En la Tabla 2-2 se presentan los datos de la composición nutricional por cada 100 g de porción comestible (USDA, 2013, p.88).

**Tabla 2-2.** Valor nutricional del brócoli.

Componente	Contenido nutricional	
	Crudo	Cocido
Valor energético (cal)	26,44	27,78
Agua (%)	90,69	90,00
Proteína (g)	2,68	2,98
Lípidos (g)	0,66	0,53
Potasio (mg)	345,10	167,77
Carbohidratos (g)	5,24	5,56
Sodio (mg)	27,11	10,89
Calcio (mg)	48,54	113,89
Hierro (mg)	0,88	1,16
Fósforo (mg)	66,13	46,97
Vitamina A (UI)	1543,05	1411,10
Tiamina (mg)	0,06	0,07
Riboflavina (mg)	0,12	0,21

Fuente: (USDA, 2013, p.99).

Realizado por: Román M., 2022.

## **2.5.6. Requerimientos Edáficos**

### *2.5.6.1. Suelo*

El brócoli es un cultivo que se acomoda a diferentes tipos de superficies terrestres, pero, como todos los vegetales, prefiere suelos no muy ligeros, uniformes, profundos con buen drenaje y con un pH de 6 a 7,5 (aunque soporta de 5 a 5,5 de pH) (Santoyo y Martínez, 2010: p.165).

### *2.5.6.2. Clima*

El brócoli es un vegetal que se desenvuelve favorablemente en climas fríos o frescos, tolerando temperaturas de hasta -2 a -3°C, siempre y cuando no esté presente la inflorescencia en la planta, de lo contrario será fácilmente dañada por las bajas de temperaturas. La temperatura óptima de crecimiento vigoroso es de 12 a 17°C (Santoyo y Martínez, 2010: p.165).

### *2.5.6.3. Humedad*

La humedad del suelo debe oscilar entre 60% de la capacidad de campo como mínimo, y el 80% como máximo, si la humedad desciende del 50% de la capacidad de la huerta, la elaboración puede estar entre 25 a 30%. En la fase de inducción floral y formación de pella conviene que el suelo esté sin excesiva humedad (Cásseres, 2014, p.43).

## **2.5.7. Manejo del cultivo de brócoli**

### *2.5.7.1. Siembra*

El brócoli normalmente puede ser sembrado directamente o mediante trasplante, pero por las investigaciones que se han realizado lo prefieren hacer por trasplante, debido a que actualmente están adquiriéndose nuevas variedades que prefieren de la siembra en charolas para aprovechar el 100 % de la semilla que se compra a las casas comercializadoras (Santoyo y Martínez, 2010: pp.195-198).

### *2.5.7.2. Riego*

El riego es un deber cultural en el que la planta recibe el agua esencial para llevar a cabo sus operaciones biológicas. Para garantizar una utilización efectiva de la planta, es fundamental suministrar agua de la manera adecuada y en el momento adecuado. El sistema de riego

proporciona a la planta el agua que requiere para su crecimiento y desarrollo. Se puede utilizar un sistema de riego automático y programable para aprovechar al máximo el flujo de agua disponible, entregando la cantidad correcta de agua en el momento adecuado sin desperdiciar el recurso amigable con las plantas (Villalobos, 2005, p 329-333).

Sistemas de riego con programación de autocontrol: son sistemas que ejecutan automáticamente riegos basados en la evaluación continua de uno o más parámetros de control. El suelo, las variables climáticas y el cultivo se pueden utilizar como parámetros de control; con esta información, puede decidir el tiempo exacto y la cantidad de riego en un cultivo en tiempo real. En ambiente meridional con trasplante de mediados de verano el consumo hídrico total para los tres meses hasta la cosecha es de más o menos 4000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Villalobos, 2005, p 329-333).

Esta actividad se recomienda que se realice entre 2 a 3 veces por semana. En crecimiento de las plantas el contenido de agua es muy importante en las primeras semanas de trasplante ya que es esencial para desarrollo y el acople al suelo, habrán tres horas de riego al cultivo; durante las demás semanas después del trasplante se realizará el mismo riego continuo, se recomienda realizar los riegos por dos horas. Comenzando el mes después del trasplante, el cultivo recibirá un riego de refrescamiento, por lo que el tiempo será entre 40 y 60 minutos, En la mayoría de las zonas de producción se sigue utilizando el riego rodado con gran éxito (seis riegos en total); sin embargo, dependerá del acceso y la disposición de agua de las zonas de producción (Santoyo y Martínez, 2010: p.175).

#### *2.5.7.3. Fertilización*

El brócoli es un cultivo que requiere de una buena fertilización inorgánica, al mismo tiempo, este cultivo es muy exigente de tres macronutrientes tanto en nitrógeno con una dosis de 68 kg ha<sup>-1</sup>, fósforo con una dosis de 23 kg ha<sup>-1</sup> y de potasio con una dosis de 56 kg ha<sup>-1</sup>, especialmente durante las etapas de crecimiento. Los fertilizantes que más se recomiendan para los agricultores en campo; son urea, nitrato de potasio, nitrato de magnesio y fosfato monoamónico (Santoyo y Martínez, 2010: pp.180-188).

El brócoli responde a la fertilización nitrogenada con dosis de 120 a 200 kg ha<sup>-1</sup>, primariamente cuando el fosfato igualmente es de 50 a 210 kg ha<sup>-1</sup>. Durante los primeros días del mes de la implantación se asimilan de 5 a 10% de nutrimentales totales y la máxima asimilación se produce durante la formación de la cabeza. El brócoli es muy sensible a las carencias de nutrientes principalmente minerales (Cartagena, 1998, pp. 70).

#### *2.5.7.5.Cosecha*

La cosecha se realiza manualmente, durante los 90 -95 días después del trasplante cuando la inflorescencia se encuentra en estado óptimo, con cuchillo común, y se almacena en cajas de plástico. Una vez recibidas, las flores y tallos son preparados y clasificados para iniciar el proceso industrial (Junovich, 2008, pp.11-19).

#### *2.5.7.6.Rendimiento*

La producción de brócoli a nivel mundial en 2020 fue de 47 millones de toneladas, de las cuales, el 81% se concentra en tres países, China, China continental e India, México ocupa el quinto lugar con el 2% y Ecuador el veintitresavo puesto con 0,29% (Sanar, 2019, p.111).

En Ecuador, entre 2019 y 2020, se sembró en promedio más de 10,000 ha de Brócoli, consiguiendo una cosecha equivalente al 9919,01 ha con una producción 196724,75 toneladas métricas. Al 2019, la producción en brócoli, decreció en 18369,8 toneladas métricas, cuando en años anteriores había crecido más del 55%. A nivel provincial, Cotopaxi produce casi en 9333,55 ha de brócoli, apenas 335,05 ha le corresponden a Chimborazo y 41,40 ha a Tungurahua, le siguen Imbabura, Pichincha, Azuay, Cañar y Loja que inicio esta producción en 2018 con 28,09 toneladas métricas llegando a 2019 con 61,95 TM (Inec, 2019, pp.35-40).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Materiales y métodos

##### 3.1.1. Ubicación

Esta investigación se realizó, en la Hacienda La Campiña, que pertenece al Ing, Negrete ubicada en la parroquia Pujilí, del cantón San Alfonso de la Provincia de Cotopaxi (Tabla 1-3 y ANEXO B) en el lote 19 con una superficie de 1792 m<sup>2</sup>,

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

**Tabla 1-3:** Coordenadas geográficas

Características	Descripción
Altitud (m.s.n.m.)	2961
Longitud (S)	1° 01'57.5"
Latitud (W)	78° 41'32.5"

**Fuente:** (INAMHI, 2022, p.54).

**Realizado por:** Román M., 2022.

##### 3.1.2.1. Condiciones agroclimáticas.

Se detallan las características del sitio experimental (Tabla 2-3).

**Tabla 2-3:** Condiciones agroclimáticas del sitio experimental.

Clima	Descripción
Precipitación anual(mm)	1626
Temperatura media anual(°C).	16
Humedad relativa promedio(%).	86

**Fuente:** Estación Meteorológica Cutuchi en Caspi (. INAMHI. 2022).

**Realizado por:** Román M., 2022.

### 3.2. Materiales.

#### 3.2.1. Material Vegetal.

Se utilizaron plántulas de brócoli híbrido Avenger con 4 hojas verdaderas y una altura de 0,1 m.

#### 3.2.2. Insumos

##### 3.2.2.1. Fertilizantes químicos.

Para este experimento se utilizaron los siguientes fertilizantes (Tabla 3-3)

**Tabla 3-3:** Fertilizantes químicos

Fertilizante	Concentración
Nitrato de potasio	13,5% N, 45% K <sub>2</sub> O
Polysulphate	14% K <sub>2</sub> O, 17% CaO, 6% MgO, 19% S
Sulfato de potasio	52% K <sub>2</sub> O, 18% S
Sulfato de magnesio	17% MgO, 14% S
Nitrato de calcio	15,5% N, 26% CaO
Nitrato de amonio	34% N
Fosfato di-amónico	18% N, 46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Agrocote Emax 44	44% N
Sulfato de zinc	14% S, 22% Zn
Sulfato de manganeso	18% S, 31% Mn

Realizado por: Román M., 2022.

#### 3.2.3. Equipos

Se utiliza los siguientes equipos

##### 3.2.3.1. Materiales de Laboratorio

Estufa (Shell Llab), espectrofotómetro de absorción atómica (Savant AA, GBC Scientific equipment), balanza de precisión (Shimadzu, modelo LIBROR AEG – 220), potenciómetro (Thermo Scientific, modelo ORION STAR A2011), espectrómetro de emisión óptica por acoplamiento de plasma inductivo: ICP-OES (Perkin Elmer, modelo Optima 5300 DV), agitador automático (Thermo Scientific), digestores para nitrógeno (Foss), analizador elemental de carbono y nitrógeno (Shimadzu).

### 3.2.4. *Materiales de oficina*

Lápiz, esfero gráfico, computadora, cámara fotográfica, calculadora, marcadores, hojas de papel bond, programas estadísticos (Infostat versión 2016 y SAS 9,1),

### 3.2.5. *Materiales de campo*

Computadora, sistema de riego por aspersión, libros de campo, azadones, tractore, estacas, fertilizantes, cinta métrica, piola.

## 3.3. Métodos

### 3.3.1. *Croquis del experimento*

Se presenta el croquis del experimento en el (ANEXO B)

### 3.3.2. *Tratamientos en estudio*

Las dosis y tratamientos en estudio se presentan en las Tablas 4-3 y 5-3.

**Tabla 4-3:** Dosis de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Dosis de nutrientes(kg ha <sup>-1</sup> )					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S
T1	170	46	0	0	0	8
T2	170	46	300	51	0	63
T3	170	46	300	26	9	85
T4	170	46	300	51	18	106
T5	170	46	300	77	27	127
T6	170	46	300	0	18	78
T7	170	0	300	51	3	66
T8	0	0	0	0	0	0

Realizado por: Román M., 2022.

**Tabla 5-3:** Fertilizantes utilizados para la preparación de las formulaciones en estudio

Tratamientos	Formulaciones (kg ha <sup>-1</sup> )									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T1	0	0	0	0	0	292	100	120	31	18
T2	310	0	309	0	193	82	100	120	31	18
T3	310	150	269	0	0	169	100	120	31	18
T4	310	300	228	0	0	169	100	120	31	18
T5	310	450	188	0	0	169	100	120	31	18
T6	310	0	309	106	0	169	100	120	31	18
T7	310	0	309	17	193	290	0	0	31	18
T8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1 = Nitrato de Potasio, 2 = Polysulphate, 3 = Sulfato de Potasio, 4 = Sulfato de Magnesio, 5 = Nitrato de Calcio, 6 = Nitrato de Amonio, 7 = Fosfato Di- Amónico, 8 = Agrocote Emax 44, 9 = Sulfato de Zinc, 10 = Sulfato de Manganeso.

Realizado por: Román M., 2022.

### 3.3.4. Unidad experimental

La unidad experimental fue de 1782 m<sup>2</sup> tuvo una distancia de 0,7 m de separación entre surcos y entre planta de 0,25 m, obteniéndose una densidad de 57 143 plantas ha<sup>-1</sup> (Tabla 6-3).

**Tabla 6-3:** Características de la unidad experimental de la investigación

Descripción	Unidad
Número de tratamientos	8
Número de repeticiones	4
Número de parcelas:	32
Distancia entre surcos:	0,7 m
Distancia entre plantas:	0,25 m
Plantas por sitio:	1
Número de surcos por parcela total:	10
Número de surcos por parcela neta:	8
Número de plantas por surco:	32
Número de plantas por parcela total:	320
Número de plantas por parcela neta:	256
Número de plantas por experimento:	10240
Área unidad experimental:	56 m <sup>2</sup> (7 m x 8 m)
Área parcela neta:	22,4 m <sup>2</sup> (5,6 m x 4 m)
Área neta del Experimento:	860,16 m <sup>2</sup> (22,4 m x 39,6 m)
Área total del Experimento:	1792 m <sup>2</sup> (28 m x 64 m)

Realizado por: Román M., 2022.

### 3.3.5. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 8 tratamientos y 4 repeticiones, obteniéndose como total 32 unidades experimentales.

### 3.3.6. *Análisis de Normalidad*

Se realizó una Prueba de Shapiro-Wilks a las variables, determinando la distribución normal de los residuos y se realizó una prueba de Levene para determinar la distribución normal de los residuos absolutos.

### 3.3.7. *Análisis estadístico*

Se calculó el análisis del de la varianza (ADEVA) usado en el experimento en condiciones de campo (Tabla 7-3).

**Tabla 7- 3:** Análisis de varianza

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	31
Bloques	3
Tratamientos	7
T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8.	1
T3, T4, T5 vs T1, T8, T7, T6 .	1
T3, T4, T5 vs T7.	1
T3, T4, T5 vs T8.	1
T2, T6 vs T5.	1
T1 vs T5	1
T5 vs T7	1
Error experimental	21

Realizado por: Román M., 2022.

### 3.3.8. *Análisis funcional.*

Se determinó el coeficiente de variación y se expresó en porcentaje

Se realizaron pruebas de separación de medias cuando existió diferencia significativa, utilizando la prueba de Tukey al 5%.

Para obtención de la curva de crecimiento del cultivo y extracción nutrimental se aplicó la regresión logística (Cornfield et al. 1961, pp 97-115)

$$Y = \frac{\alpha}{1 + \beta x e^{-\gamma x t}}$$

En dónde:

- Y = Extracción de nutrientes en el tiempo.
- $\alpha$  = Valor límite de extracción de nutrientes.
- $\beta$  = No tiene significado biológico y solo toma lugar en el tiempo inicial  $t = 0$ .

- $\gamma$  = Tasa de la constante que determina la amplitud de la curva.
- $t$  = Tiempo.

El análisis de los datos se realizó en el programa estadístico SAS versión 9,1.

### **3.4. Manejo específico del experimento y método de evaluación**

#### **3.4.1. Manejo específico del experimento**

##### *3.4.1.1. Análisis físico-químico del suelo*

Se tomaron muestras de suelo para realizar el análisis de las propiedades físicas (textura, densidad aparente, humedad gravimétrica, humedad volumétrica y la curva de retención de humedad) a una profundidad (0,20 m) y las propiedades químicas (pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, macro y micro elementos) a 0,20 m de profundidad; en el laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la E, E, S, C.

El manejo del cultivo se realizó de acuerdo a la información generada de la Hacienda la Campiña.

##### *3.4.1.2. Selección del lote*

Se estableció un lote en la hacienda de la Campiña que son productores de Brócoli, de la parroquia San Alfonso, Cantón Pujilí, Provincia Cotopaxi en el lote 19.

##### *3.4.1.3. Preparación del terreno y delimitación de parcelas*

La preparación del suelo se realizó de forma mecánica, se preparó con dos pases de arado y dos rastras con el propósito de obtener una capa uniforme del suelo a una profundidad de 0,2 m después de la labor de brócoli.

Se realizó la medición y trazado del experimento considerando las distancias de trasplante de brócoli que utiliza la Hacienda la Campiña (Tabla 6-3)

##### *3.4.1.4. Distancia de siembra*

La distancia de siembra tuvo una separación entre surcos de 0,7 m y de 0,25 m entre plantas, con una planta por sitio para una densidad de 57 143 plantas ha<sup>-1</sup>.

### 3.4.1.5. Fertilización química para el experimento

La fertilización química para el experimento se realizó en cuatro semanas según los tratamientos en estudio explicado en las siguientes Tablas (8-3; 9-3; 10-3 y 11-3).

**Tabla 8- 3:** Fertilización para la semana 1 en el cultivo de brócoli

Tratamientos	Formulaciones (g Surco <sup>-1</sup> )									
	KNO <sub>3</sub>	POLY	KSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	DAP	A <sub>44</sub>	ZnSO <sub>4</sub>	MnSO <sub>4</sub>
T1	0	0	0	0	0	0	56	67	0	0
T2	0	0	0	0	0	0	56	67	0	0
T3	0	34	0	0	0	0	56	67	0	0
T4	0	67	0	0	0	0	56	67	0	0
T5	0	101	0	0	0	0	56	67	0	0
T6	0	0	0	0	0	0	56	67	0	0
T7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Realizado por: Román M., 2022.

**Tabla 9- 3:** Fertilización para la semana 4 en el cultivo de brócoli

Tratamientos	Formulaciones (g Surco <sup>-1</sup> )									
	KNO <sub>3</sub>	POLY	KSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	DAP	A <sub>44</sub>	ZnSO <sub>4</sub>	MnSO <sub>4</sub>
T1	0	0	0	0	0	65	0	0	7	4
T2	69	0	69	0	43	18	0	0	7	4
T3	69	25	60	0	0	38	0	0	7	4
T4	69	50	51	0	0	38	0	0	7	4
T5	69	76	42	0	0	38	0	0	7	4
T6	69	0	69	24	0	38	0	0	7	4
T7	69	0	69	4	43	65	0	0	7	4
T8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Realizado por: Román M., 2022.

**Tabla 10- 3:** Fertilización para la semana 7 en el cultivo de brócoli

Tratamientos	Formulaciones (g Surco <sup>-1</sup> )									
	KNO <sub>3</sub>	POLY	KSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	DAP	A <sub>44</sub>	ZnSO <sub>4</sub>	MnSO <sub>4</sub>
T1	0	0	0	0	0	49	0	0	5	3
T2	52	0	52	0	32	14	0	0	5	3
T3	52	25	45	0	0	28	0	0	5	3
T4	52	50	38	0	0	28	0	0	5	3
T5	52	76	32	0	0	28	0	0	5	3
T6	52	0	52	18	0	28	0	0	5	3
T7	52	0	52	3	32	49	0	0	5	3
T8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Realizado por: Román M., 2022.

**Tabla 11- 3:** Fertilización para la semana 9 en el cultivo de brócoli

Tratamientos	Formulaciones (g Surco <sup>-1</sup> )									
	KNO <sub>3</sub>	POLY	KSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	DAP	A <sub>44</sub>	ZnSO <sub>4</sub>	MnSO <sub>4</sub>
T1	0	0	0	0	0	49	0	0	5	3
T2	52	0	52	0	32	14	0	0	5	3
T3	52	0	45	0	0	28	0	0	5	3
T4	52	0	38	0	0	28	0	0	5	3
T5	52	0	32	0	0	28	0	0	5	3
T6	52	0	52	18	0	28	0	0	5	3
T7	52	0	52	3	32	49	0	0	5	3
T8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Las diferentes formulaciones potásicas se fraccionarán en 4 partes con; 0%, 40%, 30% y 30%. Se aplicaron en las semanas 1, 4, 7 y 9 después del trasplante. Los fertilizantes se ubicaron a chorro continuo al fondo del surco y después se procedió a taparlo con una capa delgada de suelo con un azadón.

#### 3.4.1.6. Riego

El sistema de riego que se utilizó en el experimento fue riego por aspersión, el cual estaba instalado por la hacienda la campiña con un Aspersor Hidra 1 1/2" – Circular Sectorial, en la que se insertaron Aspersores a una separación de 46 m y con un caudal de 10,85 L s<sup>-1</sup>, con una lámina de 56,61 mm h<sup>-1</sup>

#### 3.4.1.7. Manejo integrado de plagas y enfermedades

Se realizó el control de enfermedades y plagas de forma mecánica una vez por semana después del trasplante.

Para el control de enfermedades como Mildiu (*Peronospora brassicae*), Oídio (*Oidium* sp.), Alternaria (*Alternaria brassicae*) y plagas como Pulgón verde (*Myzus persicae*), Mosca blanca (*Aleyrodes protelella*), Polilla del brócoli (*Plutella xylostella*) se realizaron monitoreos continuos.

Se aplicaron productos químicos como: Tiabendazole ( $1 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ ), Metalaxil M - Mancozeb ( $2 \text{ g L}^{-1}$ ), Difenconazole ( $0,5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ ), Isopyrazam ( $0,6 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ ) y para el control de plagas se utilizaron productos como Acephate ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ), Thiamethoxam – Lambda Cyhalothrin ( $0,75 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ ).

#### 3.4.1.8. Labor de rascadillo, medio aporque y aporque

Las prácticas culturales en el cultivo se realizaron de forma manual y cada una corresponde a los días después del trasplante, tal como se describe en la Tabla 12-3.

**Tabla 12-3:** Labores culturales en el cultivo de brócoli

Labor	Días después del trasplante
Rascadillo	35
Medio aporque	55
Aporque completo	75

Realizado por: Román M., 2022.

#### 3.4.1.9. Cosecha

La cosecha se realizó cuando las inflorescencias obtuvieron su madurez fisiológica, con un buen desarrollo, compactas, yemas cerradas y un color azul verdoso, coincidiendo con su madurez comercial a los 90 días después del trasplante, lo cual ocurrió el 2 de febrero del 2022.

La cosecha fue de forma manual, se efectuó con un cuchillo, realizando un corte en la base de la inflorescencia, dejando un largo de tallo de aproximadamente de 0,10 m.

### 3.5. Variables y métodos de evaluación.

#### 3.5.1. *Altura de planta.*

Se registró la altura de la planta en las fases fenológicas V3, V10, VT, R1 y R3 (20, 35, 55, 75 y 90 días después del trasplante). Para esto, se seleccionaron al azar 10 plantas en cada unidad experimental, midiéndose desde la base del tallo hasta el ápice principal. Se utilizó una regla graduada y el resultado se expresó en centímetros (Tabla 13-3).

**Tabla 13-3:** Duración de las fases fenológicas

Código	Etapa fenológica	Descripción	Duración(días)
V3	Trasplante	Plántulas con 3 hojas verdaderas	20
V10	Crecimiento vegetativo	Desarrollo de hojas y tallos	35
VT	Desarrollo vegetativo	Desarrollo de hojas y tallos finales	55
R1	Inicio de la pella	Formación de la pella	75
R3	Cosecha	Planta con pella completa	90

Fuente: (Jaramillo y Díaz, 2006: p.54).

Realizado por: Román M., 2022.

#### 3.5.2. *Biomasa*

Se procedió a realizar cinco muestreos (20, 35, 55, 75 y 90 días después del trasplante), en las fases fenológicas (Tabla 9-3), colectando 10 plantas completas (raíz, tallo, hojas e inflorescencia) de los surcos medios de cada unidad experimental.

El material vegetal obtenido se llevó al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la E.E.S.C, en donde se obtuvo el peso fresco en una balanza de precisión.

Las plantas obtenidas en cada muestreo se colocaron en una bolsa de papel previamente identificada, se introdujo en un horno de secado con ventilación forzada (Shell Laboratory) a una temperatura de 65°C hasta que se alcanzó un peso constante. La biomasa (peso seco) se registró en una balanza de precisión (Shimadzu) y el resultado se expresaron en g planta<sup>-1</sup>.

#### 3.5.3. *Extracción de nutrientes*

Se procedió a moler las muestras tomadas de cada unidad experimental (Tabla 14-3). Se registró el peso fresco de la planta en gramos utilizando una balanza. Luego se procedió a cortar en trozos pequeños, se enfundó en bolsas de papel y después se secó en una estufa a 65 °C hasta obtener un

peso constante. Se obtuvo el peso seco en gramos en una balanza y se procedió a realizar las determinaciones analíticas.

Para el N se utilizó el método Semimicro – Kjeldahl, que consiste en pesar 1 a 1,25 g de muestra, hacer una digestión ácida, para luego realizar una destilación con NaOH 10N sobre H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> y una titulación con ácido sulfúrico. La extracción del N del tejido vegetal se expresó en miligramos por planta y se determinó con la siguiente fórmula:

$$EN = \frac{\%N \times Ps}{100} \times 1000$$

Dónde:

- EN= Extracción de N (mg planta<sup>-1</sup>).
- %N= N obtenido en la determinación utilizando el método Semimicro-Kjeldahl.
- Ps= Peso seco (g planta<sup>-1</sup>).

**Tabla 14-3:** Número de muestras de planta de cada unidad experimental.

Organos	Etapa fenológica				
	V0	V1	V3	V4	R5
Raíz	32	32	32	32	32
Biomasa Aérea	32	32	32	32	32
Inflorescencia	0	0	0	0	32
Total	64	64	64	64	96

Realizado por: Román M., 2022.

En la extracción de P y K se utilizó el método de digestión húmeda con ácido nítrico perclórico en relación 5:1; para lo cual se pesó 0,25 g de material vegetal seco, molido y se realizó una digestión nítrica perclórica y lo digerado fue leído en el equipo ICP. Las extracciones de los resultados se expresaron en mg planta<sup>-1</sup> y se calcularon con la siguiente fórmula:

$$EE = \frac{CE * Ps \times 10000}{1000000}$$

Dónde:

- EE= Extracción del elemento de P y K (mg planta<sup>-1</sup>).
- CE= Concentración total del elemento P y K (mg kg<sup>-1</sup>).
- Ps= Peso seco (g planta<sup>-1</sup>).

#### **3.5.4. Calidad de la pella**

##### *3.5.4.1. Diámetro ecuatorial de la pella*

Se calculó el diámetro ecuatorial de la pella con un flexómetro, para lo cual se eligieron 10 plantas al azar de la parcela neta de cada unidad experimental, la medición se realizó en el momento de la cosecha en la etapa fenológica R5 y los resultados se expresaron en centímetros

##### *3.5.4.2. Dureza de la pella*

Se determinó la compactación de la pella, se tomó la lectura en el momento de la cosecha, en las mismas 10 pellas evaluadas anteriormente de la parcela neta, se registró la lectura con un penetrómetro de bolsillo y se expresó esta lectura en  $\text{kg cm}^{-2}$ .

##### *3.5.4.3. Peso de la pella*

Para evaluar el peso, se tomaron las mismas 10 pellas evaluadas anteriormente, se registró el peso de cada pella con una balanza de precisión marca Shimadzu y se expresó cada valor en gramos.

#### **3.5.5. Vida en anaquel**

Para la evaluación de la vida en anaquel, se seleccionaron 30 pellas de brócoli al azar de la parcela neta de la unidad experimental en el momento de la cosecha en la etapa fenológica R3 de los tratamientos (T2, T4, T5, T7 y T8).

Se utilizaron 2 recipientes de plástico liso, transparente y se etiquetó cada una de los ejemplares, se separarán en dos muestras diferentes, se guardó y se sometieron los productos vegetales a los siguientes tratamientos:

- Temperatura ambiente.
- Temperatura de refrigeración a  $0^{\circ}\text{C}$ .
- Temperatura de refrigeración a  $-6^{\circ}\text{C}$ .

Los floretes congelados se observaron en tres momentos durante un período de un mes (7, 14 y 21 días) siguiendo los parámetros de la exportadora. En esta variable se determinó las siguientes propiedades físicas, químicas y microbiológicas:

- El pH: Se calculó el pH de los floretes de cada tratamiento, utilizando un potenciómetro.
- La acidez titulable: Se evaluó la acidez de los floretes utilizando el potenciómetro.
- Hongos y bacterias: Se realizó un conteo de bacterias y hongos presente en los floretes en los diferentes días de evaluación.

### **3.5.6. Rendimiento**

El rendimiento se evaluó en el momento de la cosecha de forma manual, para lo que se recolectaron 10 pellas comerciales al azar de la parcela neta en cada unidad experimental, se registraron los pesos obtenidos en una balanza de precisión marca Shimadzu y se reportó el rendimiento total en  $\text{kg ha}^{-1}$ .

### **3.5.7. Análisis económico**

Se registraron los datos de los costos y beneficios de cada tratamiento y se estableció la relación Beneficio-Costo (Ortega, 2012, p.33).

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para las variables evaluadas durante el ciclo del cultivo de brócoli indica que todas se ajustan a una distribución normal (Tabla 1-4).

**Tabla 1-4:** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk en el cultivo de brócoli

Variables	Prob. > z				
	20 ddt	35 ddt	55 ddt	75 ddt	90 ddt
Altura de planta	0,79 *	0,52 *	0,59 *	0,42 *	0,93 *
Biomasa Total	0,21 *	0,81 *	0,42 *	0,42 *	0,07 *
Biomasa de la pella <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,62 *
Extracción de N total	0,34 *	0,38 *	0,15 *	0,20 *	0,22 *
Extracción de N en la pella <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,03 ns
Extracción de P total	0,86 *	0,77 *	0,73 *	0,71 *	0,27 *
Extracción de P en la pella <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,70 *
Extracción de K total	0,55 *	0,98 *	0,51 *	0,22 *	0,58 *
Extracción de K en la pella <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,68 *
Dureza de la pella <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,49 *
Diámetro ecuatorial de la pella <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,06 *
Peso de la pella <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,49 *
Rendimiento <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,48 *

\* = Diferencia significativo; ns = No significativo al  $P < 0,05$ . Prob. > z = intervalo de confianza al  $P < 0,05$ .

ddt = días después del trasplante. ,1. Evaluación a la cosecha (90 ddt).

**Realizado por:** Román M., 2022.

La prueba de homocedasticidad de Levene para las variables evaluadas durante el ciclo del cultivo, indica que no existe evidencias suficientes para decir que los residuos no son homogéneos (Tabla 2-4).

**Tabla 2-4:** Prueba de Homocedasticidad de Levene en el cultivo de brócoli

Variables	Prob. > z				
	20 ddt	35 ddt	55 ddt	75 ddt	90 ddt
Altura de planta	0,44 *	0,45 *	0,008 <sup>nc</sup>	0,63 *	0,03 <sup>ns</sup>
Biomasa Total	0,44 *	0,20 *	0,09 *	0,20 *	0,13 *
Biomasa de la pella <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,36 *
Extracción de N	0,27 *	0,31 *	0,32 *	0,18 *	0,41 *
Extracción de N en la pella <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,75 *
Extracción de P	0,34 *	0,30 *	0,003 <sup>nc</sup>	0,31 *	0,0002 <sup>ns</sup>
Extracción de P en la pella <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,0006 <sup>ns</sup>
Extracción de K	0,23 *	0,06 *	0,02 <sup>nc</sup>	0,13 *	0,52 *
Extracción de K en la pella <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,60 *
Dureza de la pella <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,34 *
Diámetro ecuatorial de la pella <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,11 *
Peso de la pella <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,53 *
Rendimiento <sup>1</sup>	---	---	---	---	0,52 *

\* = Diferencia significativo; ns = No significativo al  $P < 0,05$  Prob. > z = intervalo de confianza al  $P < 0,05$ .

ddt = días después del trasplante. ,1. Evaluación a la cosecha (90 ddt).

**Realizado por:** Román M., 2022.

#### 4.1. Altura de plantas

El análisis de la variancia para la variable altura de plantas (Tabla 3-4), encontró diferencias altamente significativas al 5% para los tratamientos y comparaciones ortogonales a partir de los 35, 55, 75 y 90 ddt, lo cual nos indicó que los tratamientos aplicados tuvieron una alta influencia en el desarrollo en el cultivo de brócoli; los coeficientes de variación oscilaron entre 1,98 % a 8,87%, que son aceptables en esta clase de investigaciones en condiciones de campo.

Son muy similares a los coeficientes publicados por Gavilanes (2015, pp.43) de 1,66% a 8,89%, en experimentos con brócoli en la comunidad la Josefina, parroquia San Isidro, cantón Guano, provincia de Chimborazo por lo tanto podemos mencionar que son aceptables los coeficientes de variación en condiciones de campo.

**Tabla 3-4:** Análisis de la variancia para la variable altura de planta, en el cultivo de brócoli.

F.V.	GL	20 ddt		35 ddt		55 ddt		75 ddt		90 ddt						
		CMp	ValorSIG	CM	p-ValorSIG	CM	p-ValorSIG	CM	p-ValorSIG	CM	p-ValorSIG					
<b>Bloques</b>	3	0,33	0,52	ns	0,68	0,0032	**	14,34	0,0045	**	2,07	0,4651	ns	10,98	0,5721	ns
<b>Tratamientos</b>	7	0,14	0,93	ns	7,93	<0,0001	**	178,19	<0,0001	**	174,32	<0,0001	**	172,27	<0,0001	**
<b>T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8.</b>	1	0,33	0,39	ns	28,38	<0,0001	**	588,56	<0,0001	**	485,10	<0,0001	**	458,94	<0,0001	**
<b>T3, T4, T5 vs T1, T7.</b>	1	0,23	0,48	ns	5,76	<0,0001	**	20,34	0,0089	**	4,52	0,1794	ns	3,89	0,6278	ns
<b>T3, T4, T5 vs T6.</b>	1	0,10	0,63	ns	6,16	<0,0001	**	83,74	<0,0001	**	114,70	<0,0001	**	87,48	0,0296	*
<b>T2, T3, vs T1, T8.</b>	1	0,12	0,60	ns	8,27	<0,0001	**	228,77	<0,0001	**	234,09	<0,0001	**	251,22	0,0007	**
<b>T2, T3 vs T6.</b>	1	0,14	0,58	ns	0,01	0,7585	ns	2,94	0,2854	ns	25,83	0,0033	*	25,21	0,224	ns
<b>T1 vs T5.</b>	1	0,61	0,25	ns	15,96	<0,0001	**	107,31	<0,0001	**	38,28	0,0006	**	21,45	0,2608	ns
<b>T5 vs T7.</b>	1	0,02	0,83	ns	2,00	0,0003	**	9,90	0,0573	ns	3,38	0,2433	ns	9,46	0,4513	ns
<b>Error</b>	21		0,43		0,11			2,45			2,35			16,06		
<b>Total</b>	31															
<b>CV (%)</b>			6,62		1,98			4,12			3,26			8,87		
<b>Promedios (cm)</b>			9,88		16,58			37,94			46,94			45,16		

P-valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P-valor < 0,05 y > 0,01 \*: Diferencia significativa.; P-valor < 0,05 y < 0,01 \*\*: Diferencia altamente significativa.

ddt = días después del trasplante.

Realizado por: Román M., 2022.

La prueba de Tukey al 5 % para la variable altura de plantas (Tabla 4-4), no presentó diferencia significativa a los 20 ddt, teniendo una media de 9,88 cm; a los 35, 55 y 75 ddt se detectaron cuatro rangos de significancia, con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) el cuál presentó la mejor respuesta con 18,58, 45,03 y 52,78 cm de altura de plantas respectivamente; y a la cosecha, detecto un leve decrecimiento de la planta alcanzando los 50,68 cm, esto debido a que la planta estuvo en estado fenológico de formación de la pella; mientras que la menor respuesta se observó con la concentración del 0 kg ha<sup>-1</sup> de fertilización (T8) con 14,15; 23,33; 31,98 y 29,80 cm a los 35, 55, 75 y 90 ddt respectivamente.

**Tabla 4-4:** Prueba de Tukey al 5 % para la variable altura de la planta (cm)

Tratamientos	Altura de planta (cm)								
	20 ddt	35 ddt	55 ddt	75 ddt	90 ddt				
<b>T1</b>	9,48	15,75	c	37,70	cd	48,40	bc	47,40	a
<b>T2</b>	9,83	15,58	c	35,75	d	46,15	cd	45,58	a
<b>T3</b>	9,93	17,20	b	40,40	bc	49,53	abc	47,48	a
<b>T4</b>	9,80	17,50	b	41,50	ab	50,43	ab	48,40	a
<b>T5</b>	10,03	18,58	a	45,03	a	52,78	a	50,68	a
<b>T6</b>	10,10	16,33	c	37,03	cd	44,73	d	43,45	a
<b>T7</b>	9,93	17,58	b	42,80	ab	51,48	ab	48,50	a
<b>T8</b>	9,93	14,15	d	23,33	e	31,98	e	29,80	b

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0.05)

ddt = días después del trasplante.

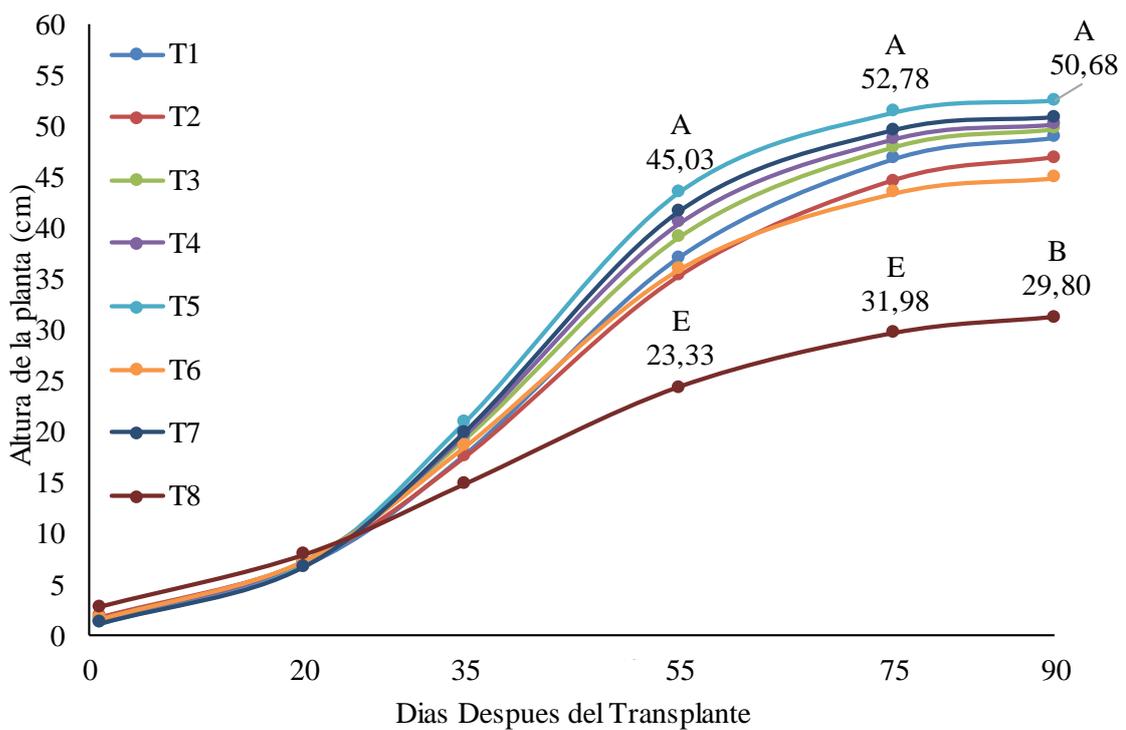
**Realizado por:** Román M., 2022.

Las plantas de brócoli durante su desarrollo presentaron alturas superiores a las encontradas en investigaciones similares en la evaluación de cultivares de brócoli, así Catota (2020, p.80) reportó una altura de planta de 51,62 cm tratada con una dosis de gallinaza 3 g planta<sup>-1</sup> y con la dosis de abono químico 2 g planta<sup>-1</sup> reporto un crecimiento similar con 52,35 cm, de igual manera Zamora (2016, p.44) alcanzó una altura de planta de 61,92 cm aplicando una dosis de 2 L ha<sup>-1</sup> de ácidos húmicos y fúlvicos.

Los estudios de Carrillo (2020, p.10) confirmaron estos resultados al obtener una altura de plantas de 41,40 cm, con aplicaciones de 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 75 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. La evaluación que realizó Gavilanes (2017. p.46) reportó una altura de 48,10 cm que fue con una dosis de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, 100 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo y 200 kg ha<sup>-1</sup> de potasio.

En la presente investigación el tratamiento con mejor respuesta fue la aportación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) con un valor de 52,78 cm de altura de planta a los 75 ddt; mientras que la menor respuesta fue la aplicación de 0 kg ha<sup>-1</sup> de fertilización (T8) con altura de planta de 31,98 cm como se observa en la (Tabla 5-4 y Gráfico 1-4).

Según investigaciones de Morell (2020: pp, 62-64), estos resultados demuestran el gran potencial del Polysulphate como el fertilizante multinutriente preferido no solo para proporcionar macronutrientes esenciales adicionales, sino también para aumentar la eficiencia del uso de nutrientes en los cultivos, promoviendo así una nutrición más equilibrada.



**Ilustración 1-4:** Efecto de los tratamientos en la altura de planta, en el cultivo de brócoli

Realizado por: Román M., 2022.

## **4.2. Biomasa**

### ***4.2.1. Biomasa aérea total***

El análisis de la varianza para la variable biomasa aérea total (Tabla 5-4), detectó a partir de los 35 ddt a la cosecha diferencias altamente significativas para los tratamientos en estudio, mientras para las comparaciones ortogonales a los 90 ddt, entre los tratamientos: T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8 y T2, T3, vs T1, T8, encontró diferencia altamente significativa, por el contrario, entre una comparación: T3, T4, T5 vs T6, mostró diferencia significativa y para los demás contrastes no se encontró diferencia significativa, los tratamientos que tuvieron un aporte de Polysulphate, tuvieron un mayor incremento en la biomasa aérea total al momento de la cosecha. Los coeficientes de variación estuvieron entre 0,89% y 14,67, los cuales son aceptables en los experimentos en condiciones de campo.

El análisis de la varianza para la biomasa de la pella (Tabla 5-4), mostró diferencias altamente significativas a los 90 ddt para los tratamientos, mientras que para las comparaciones ortogonales entre: T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8; T2, T3, vs T1, T8, para dos comparaciones entre: T3, T4, T5 vs T6; T1 vs T5, se detectó diferencia altamente significativa y para las comparaciones restantes no detectó significancia. El coeficiente de variación fue de 9,29% el cual es aceptable en los experimentos en condiciones de campo.

**Tabla 5-4:** Análisis de la variancia para la variable biomasa aérea total, en el cultivo de brócoli.

F.V.	GL	20 ddt		35 ddt		55 ddt		75 ddt		90 ddt						
		CM	p-Valor	SIG	CM	p-Valor	SIG	CM	p-Valor	SIG	CM	p-Valor	SIG			
<b>Bloques</b>	3	0,12	0,0001	**	0,92	0,3075	ns	33,39	0,1527	ns	19,14	0,8001	ns	89,490	0,3236	ns
<b>Tratamientos</b>	7	0,03	0,0278	*	3,76	0,0014	**	94,47	0,0011	**	688,64	<0,0001	**	2009,35	<0,0001	**
<b>T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8.</b>	1	0,05	0,0408	*	9,33	0,0017	**	360,14	0,0002	**	1760,28	<0,0001	**	5059,93	<0,0001	**
<b>T3, T4, T5 vs T1, T7.</b>	1	0,02	0,2079	ns	3,53	0,0377	*	193,62	0,003	**	221,41	0,0624	ns	218,59	0,0977	ns
<b>T3, T4, T5 vs T6.</b>	1	8,30 <sup>-06</sup>	0,9778	ns	1,16	0,2169	ns	35,76	0,1634	ns	510,65	0,007	**	2104,50	<0,0001	*
<b>T2, T3, vs T1, T8.</b>	1	0,12	0,0025	**	8,25	0,0028	**	269,94	0,0007	**	809,97	0,0011	**	1838,69	0,0001	**
<b>T2, T3 vs T6.</b>	1	0,01	0,2613	ns	0,50	0,4137	ns	5,60	0,5737	ns	55,72	0,3346	ns	294,56	0,0572	ns
<b>T1 vs T5.</b>	1	3,10E <sup>-04</sup>	0,8648	ns	0,42	0,4534	ns	68,27	0,0591	ns	257,76	0,0457	*	774,01	0,0037	ns
<b>T5 vs T7.</b>	1	1,00E <sup>-03</sup>	0,7594	ns	3,55	0,0372	*	77,13	0,046	*	271,33	0,0409	*	186,92	0,1239	ns
<b>Error</b>	21		0,01			0,72			17,14			57,14			72,75	
<b>Total</b>	31															
<b>CV (%)</b>			0,89			14,65			12,96			10,78			6,52	
<b>Promedios (cm)</b>			1,04			5,78			31,95			70,14			130,81	

P-valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P-valor < 0,05 y > 0,01 \*: Diferencia significativa.; P-valor < 0,05 y < 0,01 \*\*: Diferencia altamente significativa.

ddt = días después del trasplante. P = Pella.

Realizado por: Román M., 2022.

La prueba de Tukey al 5% para la biomasa aérea total (Tabla 6-4), mostró tres rangos de significancia en los 20, 35 y 55, ddt, ubicándose en primer lugar los tratamientos con aplicación de Polysulphate, posteriormente se hallaron cuatro rangos de significancia a los 75 y 90 ddt. Con mejor respuesta al momento de la cosecha fue la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) con 154,37 g planta<sup>-1</sup> con un aumento de 54,01% más que el control, mientras que la menor se presentó con la concentración de 0 kg ha<sup>-1</sup> de fertilización (T8) con 83,37 g planta<sup>-1</sup> a los 90 ddt.

La prueba de Tukey al 5% para la biomasa de la pella (Tabla 6-4) detectó dos rangos de significancia a los 90 ddt. La mejor respuesta se presentó al momento de la cosecha con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5); con 55,15 g planta<sup>-1</sup> con un aumento de 43,08% más que el control; mientras que la menor respuesta se observó con la aplicación de 0 kg ha<sup>-1</sup> de fertilización (T8) con 23,76 g planta<sup>-1</sup>.

**Tabla 6-4:** Prueba de Tukey al 5 % para la biomasa aérea total (g planta<sup>-1</sup>)

Trata.	Peso seco total (g planta <sup>-1</sup> )											
	20 ddt		35 ddt		55 ddt		75 ddt		90 ddt		P 90 ddt	
<b>T1</b>	1,03	ab	1,03	a	30,19	ab	73,35	b	134,70	ab	48,79	ab
<b>T2</b>	1,08	ab	1,08	a	31,51	ab	66,52	b	124,43	b	44,14	b
<b>T3</b>	1,21	a	1,21	a	37,19	a	76,52	ab	136,52	ab	47,14	ab
<b>T4</b>	0,99	ab	0,99	a	35,85	a	78,76	ab	148,46	a	49,26	ab
<b>T5</b>	1,02	ab	1,02	a	36,03	a	84,70	a	154,37	a	55,15	a
<b>T6</b>	1,07	ab	1,07	a	32,90	a	66,95	b	119,96	b	43,88	b
<b>T7</b>	0,99	ab	0,99	ab	29,82	ab	73,06	ab	144,70	a	53,06	ab
<b>T8</b>	0,91	b	0,91	b	22,08	b	41,23	c	83,37	c	23,76	c

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0.05)

ddt = días después del trasplante. P = Pella.

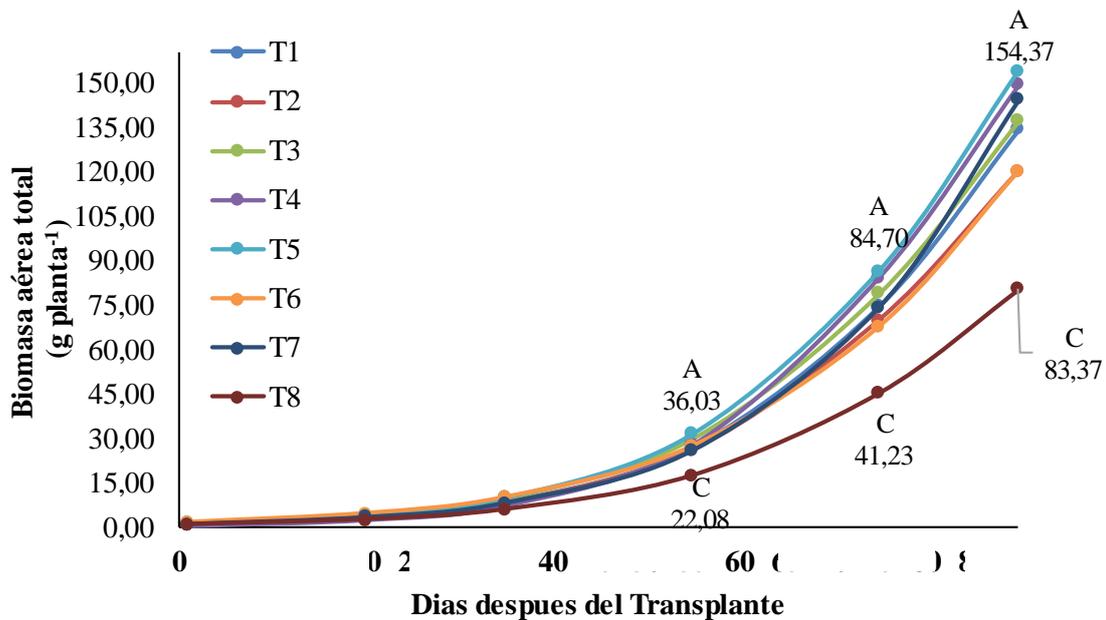
**Realizado por:** Román M., 2022.

Estos resultados se pueden atribuir a la disponibilidad prolongada de nutrientes cuando se aplica con Polysulphate, en comparación con los demás fertilizantes, debido a su menor solubilidad. Esto también reduce el riesgo de lixiviación de K en condiciones de lluvia (Yermiyahu, 2017, pp. 3-9; Yermiyahu, 2019, pp.145-157).

En el Grafico 2-4 de estos resultados se muestra claramente que la aplicación de fertilización con Polysulphate, tiene cantidades de biomasa más altas y marcadamente superiores a las que presenta el control.

Los resultados de esta investigación son consistentes con lo encontrado por Condori (2010, p.65) al evaluar diferentes dosis de nitrógeno con  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  al cultivo de brócoli con resultados como  $155,22 \text{ g planta}^{-1}$  al momento de la cosecha. Para los estudios de Mamani (2014, p.65) se registró una media de  $153,87 \text{ g planta}^{-1}$  con aplicaciones de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrógeno y  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo.

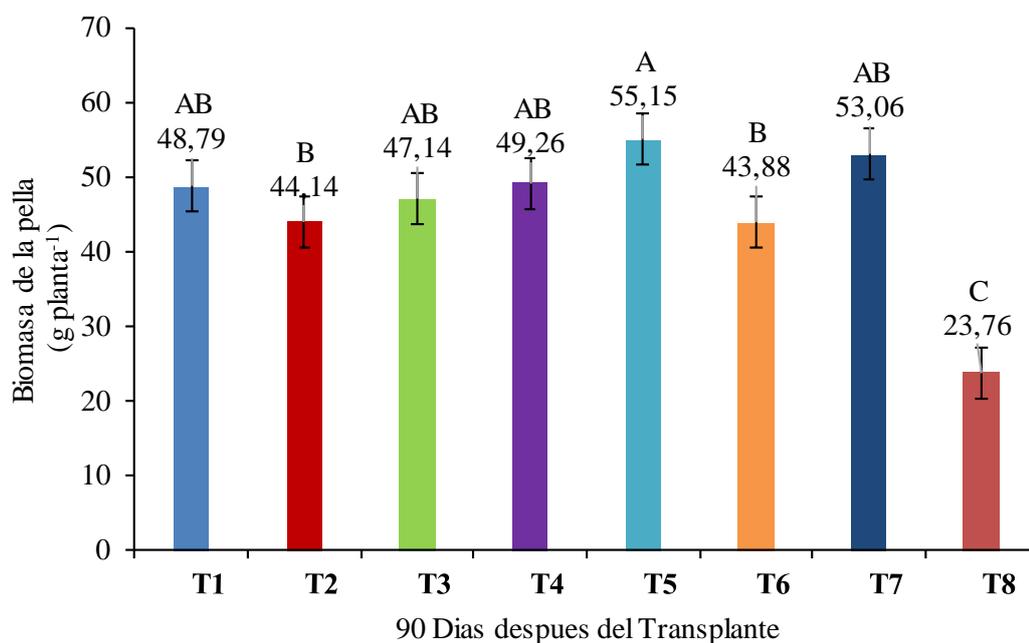
Se estableció que una nutrición más equilibrada de los cultivos, enriqueciendo el suelo con fuentes adicionales de Ca, Mg o S, y con una disponibilidad prolongada de K, mejoraría el desarrollo de la biomasa.



**Ilustración 2-4:** Efecto de los tratamientos para la biomasa aérea total ( $\text{g planta}^{-1}$ ), en el cultivo de brócoli

Realizado por: Román M., 2022.

Resultados observados con la aplicación de Polysulphate en el periodo de evaluación del experimento en los 90 ddt momento en el cual la planta presentó una acumulación de biomasa de la pella es aceptable con la aplicación de  $450 \text{ kg ha}^{-1}$  de Polysulphate (T5), con una cantidad de  $55,15 \text{ g planta}^{-1}$  (Gráfico 3-4). En resultados similares Condori (2010, p.51) encontró promedios de la biomasa de la pella de  $45,78 \text{ g}$  para la variedad Montecristo y  $55,60 \text{ g}$  para la variedad Dalmiro, gracias al efecto de los bioestimulantes. Mamani (2014, p.76), encontró promedio similar para la variedad Di Cicco de  $53,3 \text{ g}$  con la aplicación de fertilización nitrogenada.



**Ilustración 3-4:** Efecto de los tratamientos en la biomasa de la pella (g planta<sup>-1</sup>)

Realizado por: Román M., 2022.

### 4.3. Extracción de N, P y K.

#### 4.3.1. Nitrógeno total.

El análisis de la variancia para la extracción de nitrógeno total (Tabla 7-4), detectó diferencias altamente significativas para los tratamientos a los 35, 55, 75 y 90 ddt, mientras que para las comparaciones ortogonales a los 90 ddt, mostró diferencia altamente significativa entre; T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8; T3, T4, T5 vs T6; T2, T3, vs T1, T8; T1 vs T5 y para los demás contrastes restantes, no detectó diferencia significativa a la cosecha. Los coeficientes de variación estuvieron entre 7,98% y 15,47%, los cuales estos son aceptables para esta clase de investigación en condiciones de campo.

El análisis de la variancia para la extracción de nitrógeno en la pella (Tabla 7-4), encontró diferencias altamente significativas para los tratamientos a los 90 ddt y para las comparaciones ortogonales entre; T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8; T2, T3, vs T1, T8; T1 vs T5, mientras que para la comparación: T3, T4, T5 vs T6 encontró diferencia significativa y para las demás comparaciones no detectó significancia. El coeficientes de variación fue 11,50%, el cual es muy aceptable para este tipo de experimento.

**Tabla 7-4:** Análisis de la variancia para la extracción de N (kg ha<sup>-1</sup>), en el cultivo de brócoli.

F.V.	GL	20 ddt		35 ddt		55 ddt		75 ddt		90 ddt						
		CM	p-Valor	SIG	CM	p-Valor	SIG	CM	p-Valor	SIG	CM	p-Valor	SIG			
<b>Bloques</b>	3	1,15	0,0001	**	3,93	0,5793	ns	224,03	0,1061	ns	31,30	0,974	ns	260,20	0,5906	ns
<b>Tratamientos</b>	7	0,29	0,0188	*	33,29	0,0009	**	734,91	0,0001	**	3722,04	0,0001	**	10746,53	<0,0001	**
<b>T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8.</b>	1	0,43	0,0425	*	88,30	0,0009	**	2811,90	<0,0001	**	10326,86	0,0001	**	23370,67	<0,0001	**
<b>T3, T4, T5 vs T1, T7.</b>	1	0,14	0,236	ns	28,18	0,0396	*	1044,24	0,0036	**	1540,33	0,0726	ns	385,60	0,3368	ns
<b>T3, T4, T5 vs T6.</b>	1	3,90 <sup>-03</sup>	0,8401	ns	8,21	0,2494	ns	79,83	0,375	ns	2830,69	0,0181	*	7912,52	0,0002	**
<b>T2, T3, vs T1, T8.</b>	1	1,13	0,0021	**	84,18	0,0011	**	2429,75	0,0001	**	5302,02	0,0021	**	7220,75	0,0004	**
<b>T2, T3 vs T6.</b>	1	0,11	0,2829	ns	5,29	0,3524	ns	26,19	0,6091	ns	416,33	0,3369	ns	495,86	0,2776	na
<b>T1 vs T5.</b>	1	4,50 <sup>-03</sup>	0,8271	ns	3,48	0,4488	ns	329,99	0,0795	ns	1563,80	0,0706	ns	3403,54	0,0082	**
<b>T5 vs T7.</b>	1	0,01	0,7915	ns	27,05	0,0433	*	429,10	0,0478	*	1476,42	0,0783	ns	1464,49	0,0691	ns
<b>Error</b>	21		0,09			5,85			97,16			431,09			399,11	
<b>Total</b>	31															
<b>CV (%)</b>			10,92			15,97			13,78			14,20			7,98	
<b>Promedios (cm)</b>			2,78			15,15			71,52			146,25			250,46	

P-valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P-valor < 0,05 y > 0,01 \*: Diferencia significativa.; P-valor < 0,05 y < 0,01 \*\*: Diferencia altamente significativa.

ddt = días después del trasplante. P = Pella.

Realizado por: Román M., 2022.

La prueba de Tukey al 5% para la extracción de nitrógeno en el cultivo de brócoli (Tabla 8-4), detectó tres rangos de significancia a los 35 ddt, mientras a los 55 y 75 ddt encontró dos rangos de significancia y cuatro rangos de significancia a los 90 ddt. Obteniendo mayor extracción de nitrógeno en la parte aérea total, con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) con un promedio de 17,18; 80,95; 179,41 y 309,05 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno respetivamente, el valor más bajo de la extracción de nitrógeno se obtuvo en el aporte de 0 kg ha<sup>-1</sup> de fertilización (T8), con 2,42; 8,68; 42,46; 78,81; 139,50 kg ha<sup>-1</sup> a los 20, 35, 55, 75 y 90 ddt respectivamente.

La prueba de Tukey al 5% para la extracción de nitrógeno en la pella (Tabla 8-4), encontró cuatro rangos de significancia a los 90 ddt, ubicándose primero el tratamiento con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5), con un promedio de 155,89 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y en el último lugar se ubicó el tratamiento con la aplicación de 0 kg ha<sup>-1</sup> de fertilización (T8) con un promedio de 53,93 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno.

**Tabla 8-4:** Prueba de Tukey al 5 % para la extracción de Nitrógeno (kg ha<sup>-1</sup>)

Trata.	Nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> )											
	20 ddt		35 ddt		55 ddt		75 ddt		90 ddt		P 90 ddt	
<b>T1</b>	2,76	ab	15,86	a	68,10	a	151,45	a	267,80	ab	126,66	ab
<b>T2</b>	2,92	ab	16,38	a	72,62	a	139,14	a	230,30	b	108,04	b
<b>T3</b>	3,31	a	17,34	a	87,23	a	163,94	a	261,98	ab	118,77	b
<b>T4</b>	2,60	ab	16,79	a	77,68	a	165,93	a	280,55	a	125,17	ab
<b>T5</b>	2,71	ab	17,18	a	80,95	a	179,41	a	309,05	a	155,89	a
<b>T6</b>	2,91	ab	15,45	a	76,79	a	139,04	a	232,50	b	112,97	b
<b>T7</b>	2,65	ab	13,50	ab	66,30	a	152,24	a	281,99	a	140,13	ab
<b>T8</b>	2,41	b	8,68	b	42,46	b	78,81	b	139,50	c	53,93	c

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0.05)

ddt = días después del trasplante.

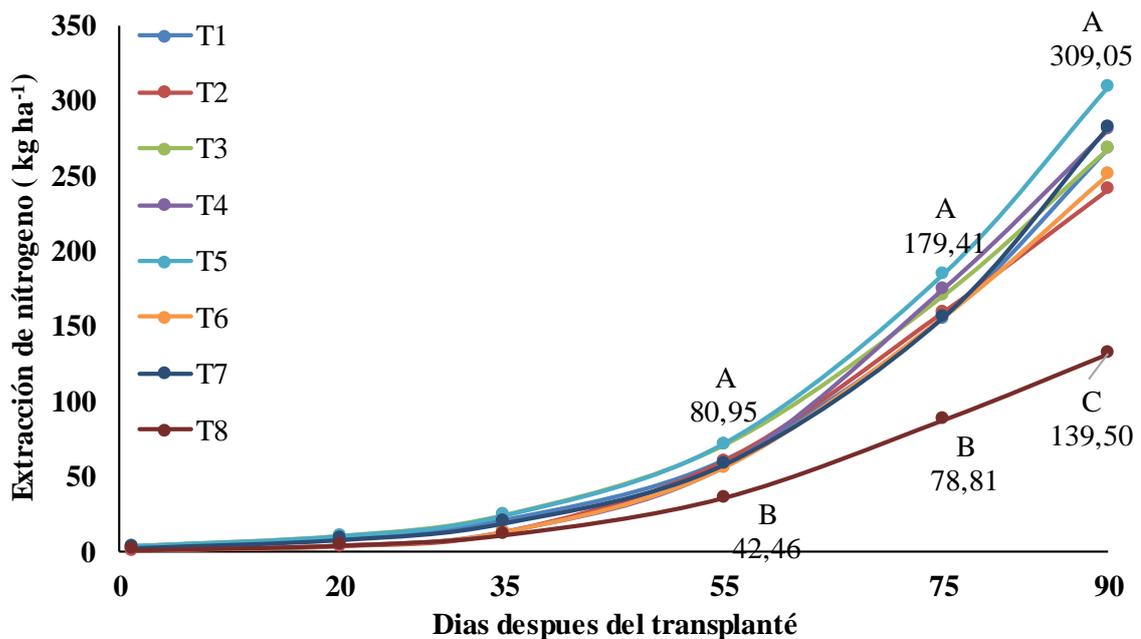
Realizado por: Román M., 2022.

Los resultados son coincidentes con los obtenidos por Escobar (2021, p.33), que con la aplicación de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N registró significativamente la extracción de 213,2 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno; así mismo, Sivori, Montaldi, & Caso (1980, p.76), señalan que el N es un nutriente esencial por que durante el desarrollo fenológico del cultivo forma parte de compuestos orgánicos de manera principal en la formación de aminoácidos, ácidos nucleicos y proteína, la deficiencia de N en la fase de desarrollo repercute en su desarrollo por la baja tasa fotosintética.

Los resultados son inferiores a los publicados por Padilla (2012, p 45), que reportó 198 kg de N extraídos quien manifestó que se aplicó una buena fertilización para N en el cultivo de brócoli. Acorde a Toledo (2003, p.65), menciona los valores de extracción total para obtener 32300 kg ha<sup>-1</sup> la planta extrae: N 359 kg ha<sup>-1</sup>.

Cada tratamiento presentó un valor máximo de extracción de N, el tratamiento que presentó la mejor respuesta durante la presente investigación fue con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5), esto se debe a que está formulado con un alto contenido de este elemento (170 kg ha<sup>-1</sup> de N) comparado con el resto de tratamientos; sin embargo, una mayor aplicación de N no garantiza que exista una mayor extracción del mismo, esto ratifica lo publicado por Mengel (2000, p.78) quien declara que la absorción de nutrientes por el cultivo corresponde muy cercanamente con las demandas del mismo.

Las curvas de extracción de nutrientes permiten formular y organizar una fertilización para aplicar en un cultivo. Analizando las curvas de extracción de nitrógeno para el cultivo de brócoli Híbrido Avenger, se encontró que la extracción de este nutriente durante los primeros 44 días después del trasplante (ddt) fue baja. Entre los 80 y 90 ddt se observó un período de alta extracción de nitrógeno.



**Ilustración 4-4:** Efecto de los tratamientos en la extracción de nitrógeno (kg ha<sup>-1</sup>)

Realizado por: Román M., 2022

#### **4.3.2. Fósforo total.**

El análisis de variancia para la extracción de fósforo total (Tabla 9-4), detectó diferencias altamente significativas para los tratamientos a los 35, 55, 75 y 90 ddt, mientras que para las comparaciones ortogonales mostró diferencia altamente significativa entre los tratamientos; T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8; T3, T4, T5 vs T6; T2, T3, vs T1, T8; T1 vs T5 a los 90 ddt y para los demás contrastes restantes, no detectó diferencia significativa a la cosecha. Los coeficientes de variación estuvieron entre 10,28% y 17,69%, los cuales estos son aceptables para esta clase de investigación en condiciones de campo.

El análisis de la variancia para la extracción de fósforo en la pella (Tabla 9-4), encontró diferencias altamente significativas para los tratamientos a los 90 ddt y para las comparaciones ortogonales entre: T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8, mostró diferencia altamente significativa, mientras que para la comparación: T2, T3, vs T1, T8 encontró diferencia significativa y para las demás comparaciones no detectó significancia. El coeficiente de variación fue 16,77%, el cual es muy aceptable para este tipo de experimento

**Tabla 9-4:** Análisis de la variancia para la extracción de P (kg ha<sup>-1</sup>), en el cultivo de brócoli.

F.V.	GL	20 ddt		35 ddt		55 ddt		75 ddt		90 ddt						
		CM	p-Valor	SIG	CM	p-Valor	SIG	CM	p-Valor	SIG	CM	p-Valor	SIG			
<b>Bloques</b>	3	0,01	0,0007	**	0,22	0,124	ns	1,75	0,5154	ns	5,36	0,6510	ns	67,17	0,011	ns
<b>Tratamientos</b>	7	4,90 <sup>-03</sup>	0,031	*	0,45	0,004	**	8,57	0,0077	**	60,50	0,0005	**	184,34	<0,0001	**
<b>T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8.</b>	1	0,02	0,0058	**	1,46	0,0011	**	38,20	0,0005	**	172,97	0,0004	**	560,43	<0,0001	**
<b>T3, T4, T5 vs T1, T7.</b>	1	0,01	0,0846	ns	0,41	0,0574	ns	20,46	0,0064	**	23,43	0,1346	ns	0,02	0,9713	ns
<b>T3, T4, T5 vs T6.</b>	1	6,00 <sup>-04</sup>	0,564	ns	0,08	0,4007	ns	2,48	0,3045	ns	20,53	0,1600	ns	41,40	0,1015	**
<b>T2, T3, vs T1, T8.</b>	1	0,02	0,0017	**	1,42	0,0012	**	23,91	0,0036	**	54,50	0,0273	*	116,05	0,0092	**
<b>T2, T3 vs T6.</b>	1	6,70 <sup>-05</sup>	0,8472	ns	0,07	0,4265	ns	0,08	0,8513	ns	0,35	0,8519	ns	7,97	0,4608	na
<b>T1 vs T5.</b>	1	2,00 <sup>-04</sup>	0,7388	ns	0,05	0,4802	ns	10,67	0,0403	*	43,20	0,0468	*	98,14	0,0154	**
<b>T5 vs T7.</b>	1	1,30 <sup>-05</sup>	0,9335	ns	0,21	0,1622	ns	8,67	0,0621	ns	39,52	0,0562	ns	5,22	0,5498	ns
<b>Error</b>	21		1,80 <sup>-03</sup>			0,10			2,23			9,68			14,12	
<b>Total</b>	31															
<b>CV (%)</b>			13,21			17,69			17,39			17,16			10,28	
<b>Promedios (cm)</b>			0,32			1,81			8,59			18,13			36,56	

P- valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P- valor < 0,05 y > 0,01 \*: Diferencia significativa.; P- valor < 0,05 y < 0,01 \*\*: Diferencia altamente significativa.

ddt = días después del trasplante.

Realizado por: Román M., 2022.

La prueba de Tukey al 5% para los tratamientos en estudio (Tabla 10-4) detectó tres rangos de significancia a los 20, 35, 55 ddt, dos rangos de significancia a los 75 ddt y cuatro rangos de significancia 90 ddt. El valor más alto de extracción se observó en la incorporación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) con 42,77 kg ha<sup>-1</sup> mientras que el valor con menor cantidad en la extracción se obtuvo en la aplicación de 0 kg ha<sup>-1</sup> de fertilización (T8) con un valor de 22,85 kg ha<sup>-1</sup>.

La prueba de Tukey al 5% para los tratamientos en estudio para la pella (Tabla 10-4) detectaron tres rangos de significancia a la cosecha. El valor más alto de extracción se observó en formulación con 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) con 22,79 kg ha<sup>-1</sup> mientras que el valor con menor cantidad en la extracción el testigo absoluto con 0 kg ha<sup>-1</sup> de fertilización (T8) con un valor de 10,24 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 10-4:** Prueba de Tukey al 5 % para la extracción de P (kg ha<sup>-1</sup>)

Trata.	Fósforo ( kg ha <sup>-1</sup> )					
	20 ddt	35 ddt	55 ddt	75 ddt	90 ddt	P 90 ddt
<b>T1</b>	0,29 ab	1,82 a	7,70 ab	18,46 a	35,77 ab	19,37 a
<b>T2</b>	0,33 ab	1,95 a	8,80 ab	17,71 a	32,62 b	17,25 ab
<b>T3</b>	0,38 a	2,12 a	9,49 a	17,88 a	36,78 ab	19,70 a
<b>T4</b>	0,32 ab	2,00 a	10,14 a	21,32 a	40,87 ab	20,76 a
<b>T5</b>	0,30 ab	1,99 a	10,01 a	23,11 a	42,77 a	22,79 a
<b>T6</b>	0,35 ab	1,88 a	8,97 ab	18,16 a	36,43 ab	19,86 a
<b>T7</b>	0,31 ab	1,66 ab	7,93 ab	18,66 a	41,39 a	21,02 a
<b>T8</b>	0,26 b	1,05 b	5,70 b	9,75 b	22,85 c	10,24 b

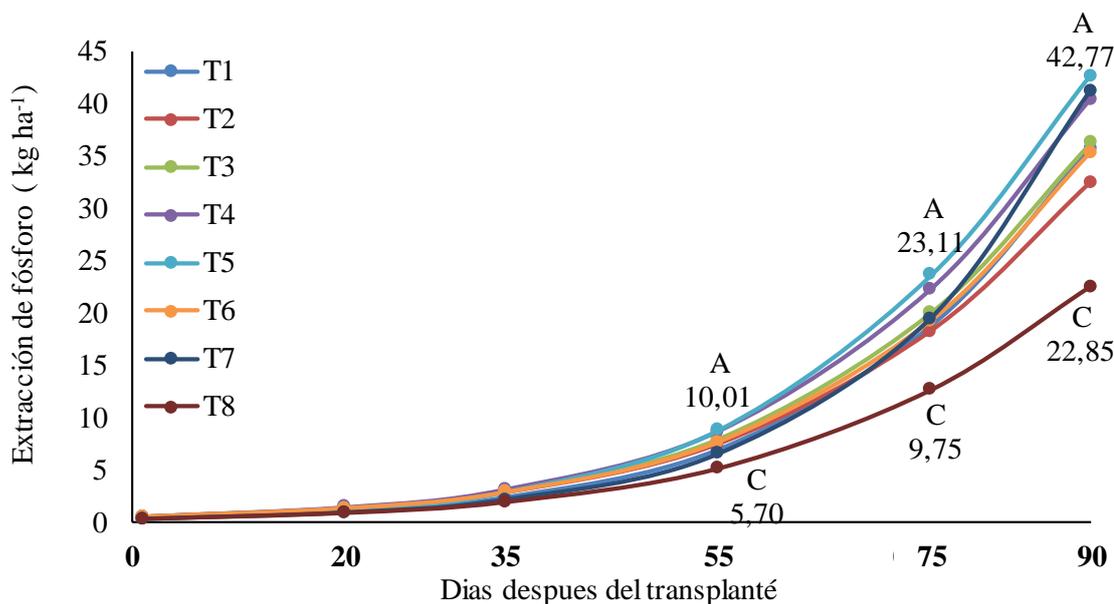
Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0.05)

ddt = días después del trasplante. P = Pella.

**Realizado por:** Román M., 2022.

Los resultados obtenidos son superiores por a las publicaciones por Escobar (2021, p.34) quienes reportaron que a los 35 ddt extrae 1,1 kg ha<sup>-1</sup> de P y se incrementa la extracción a partir de los 56 ddt con un total acumulado de 7,2 kg ha<sup>-1</sup>, a los 75 ddt hay un consumo acumulado de 18,4 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que hasta los 95 ddt, la extracción total fue de 41,7 kg ha<sup>-1</sup>.

Toledo (2003, p.65), menciona que para obtener 32300 kg ha<sup>-1</sup> los valores de extracción total de P equivalen a 23 kg ha<sup>-1</sup>. El Fósforo en el crecimiento de la planta es primordial para la estructura celular según Azcón y Beto (2016. p76), puesto que el 75% de la extracción de fósforo por la planta persiste en las vacuolas y el 25% en los organelos citoplasmáticos.



**Ilustración 5-4:** Efectos de los tratamientos para la extracción de P total ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

Realizado por: Román M., 2022.

#### 4.3.3. Potasio total

El análisis de la variancia para la extracción de potasio total (Tabla 11-4), detectó diferencias altamente significativas para los tratamientos a los 35, 55, 75 y 90 ddt, mientras que para las comparaciones ortogonales mostró diferencia altamente significativa entre los tratamientos; T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8 y T2, T3, vs T1, T8, mientras que para la comparación ortogonal T1 vs T5 detectó diferencia significativa y para los demás contrastes restantes no se detectó diferencia significativa a la cosecha. Los coeficientes de variación estuvieron entre 10,28% y 17,69%, los cuales estos son aceptables para esta clase de investigación en condiciones de campo.

El análisis de la variancia para la extracción de potasio en la pella (Tabla 11-4), encontró diferencias altamente significativas para los tratamientos a los 90 ddt y para las comparaciones ortogonales entre: T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8, mostró diferencia altamente significativa, mientras que para la comparación: T2, T3, vs T1, T8 encontró diferencia significativa y para las demás comparaciones no detectó significancia. El coeficiente de variación fue 16,77%, el cual es muy aceptable para este tipo de experimento

**Tabla 11-4:** Análisis de la variancia para la extracción de K (kg ha<sup>-1</sup>), en el cultivo de brócoli

F.V.	GL	20 ddt		35 ddt		55 ddt		75 ddt		90 ddt	
		CM	p-ValorSIG	CM	p-ValorSIG	CM	p-ValorSIG	CM	p-ValorSIG	CM	p-ValorSIG
<b>Bloques</b>	3	0,63	0,0003 **	5,88	0,2563 ns	172,78	0,165 ns	212,11	0,6628 ns	417,78	0,5365 ns
<b>Tratamientos</b>	7	0,15	0,0678 ns	19,02	0,0027 **	657,68	0,0002 **	4438,10	<0,0001 **	11109,47	<0,0001 **
<b>T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8.</b>	1	0,38	0,0245 *	58,94	0,001 **	2193,35	0,0001 **	12529,57	<0,0001 **	34558,41	<0,0001 **
<b>T3, T4, T5 vs T1, T7.</b>	1	0,07	0,3139 ns	12,07	0,0991 ns	1349,11	0,001 **	1331,53	0,0809 ns	1371,20	0,1325 ns
<b>T3, T4, T5 vs T6.</b>	1	0,01	0,7449 ns	1,13	0,6027 ns	313,19	0,0795 ns	2265,73	0,0262 *	7602,10	0,0014 **
<b>T2, T3, vs T1, T8.</b>	1	0,71	0,0032 **	55,47	0,0013 **	1420,35	0,0008 **	6523,79	0,0006 **	11149,25	0,0002 **
<b>T2, T3 vs T6.</b>	1	0,11	0,2124 ns	1,21	0,591 ns	17,27	0,6696 ns	220,83	0,4634 ns	290,09	0,4795 na
<b>T1 vs T5.</b>	1	0,00	0,8797 ns	0,29	0,7907 ns	507,05	0,0289 *	1544,29	0,0615 ns	6167,72	0,0033 **
<b>T5 vs T7.</b>	1	0,02	0,5649 ns	4,96	0,2809 ns	668,87	0,0136 *	1127,18	0,1063 ns	339,69	0,4446 ns
<b>Error</b>	21		0,06		4,05		92,21		395,84		559,70
<b>Total</b>	31										
<b>CV (%)</b>			13,55		15,73		13,83		11,63		8,63
<b>Promedios (cm)</b>			1,88		12,80		69,47		171,05		274,16

P-valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P-valor < 0,05 y > 0,01 \*: Diferencia significativa.; P-valor < 0,05 y < 0,01 \*\*: Diferencia altamente significativa.

ddt = días después del trasplante.

Realizado por: Román M., 2022.

La prueba de Tukey al 5%, para la extracción de potasio total (Tabla 12-4), encontró seis rangos de significancia a los 90 ddt obteniendo el valor más alto de extracción de potasio total, con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) con 327,32 kg ha<sup>-1</sup> de K, teniendo un aumento del 49,70%, mientras que el valor con menor cantidad en la extracción de potasio resultó con la aplicación de 0 kg ha<sup>-1</sup> de fertilización (T8) con 162,68 kg ha<sup>-1</sup> de K.

La prueba de Tukey al 5%, para la extracción de potasio total en la pella (Tabla 12-4), encontró dos rangos de significancia a los 90 ddt. El valor más alto de extracción de potasio se observó en la formulación potásica en el que se aplicó una cantidad de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) con 113,72 kg ha<sup>-1</sup> de K aumentando un 45,22%, mientras que el valor con menor cantidad de la extracción se obtuvo con la aplicación de 0 kg ha<sup>-1</sup> de fertilización (T8) con 51,12 kg ha<sup>-1</sup> de K.

**Tabla 12-4:** Prueba de Tukey al 5 % para la extracción de potasio total (kg ha<sup>-1</sup>)

Trata.	Potasio (kg ha <sup>-1</sup> )											
	20 ddt		35 ddt		55 ddt		75 ddt		90 ddt		P 90 ddt	
<b>T1</b>	1,80	ab	13,12	a	66,06	ab	176,86	a	271,79	abc	95,55	a
<b>T2</b>	1,97	ab	13,72	a	65,43	ab	159,24	a	255,06	c	91,34	a
<b>T3</b>	2,25	a	14,62	a	82,52	a	195,08	a	285,00	abc	98,24	a
<b>T4</b>	1,85	ab	14,21	a	80,44	a	186,89	a	317,50	a	104,10	a
<b>T5</b>	1,77	ab	13,50	a	81,99	a	204,65	a	327,32	a	113,05	a
<b>T6</b>	1,91	ab	13,49	a	71,43	a	168,06	a	259,60	bc	98,07	a
<b>T7</b>	1,88	ab	11,93	ab	63,70	ab	180,91	a	314,29	ab	113,04	a
<b>T8</b>	1,57	b	7,77	b	44,20	b	96,69	b	162,68	d	51,12	b

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0.05)

ddt = días después del trasplante. P = Pella.

**Realizado por:** Román M., 2022.

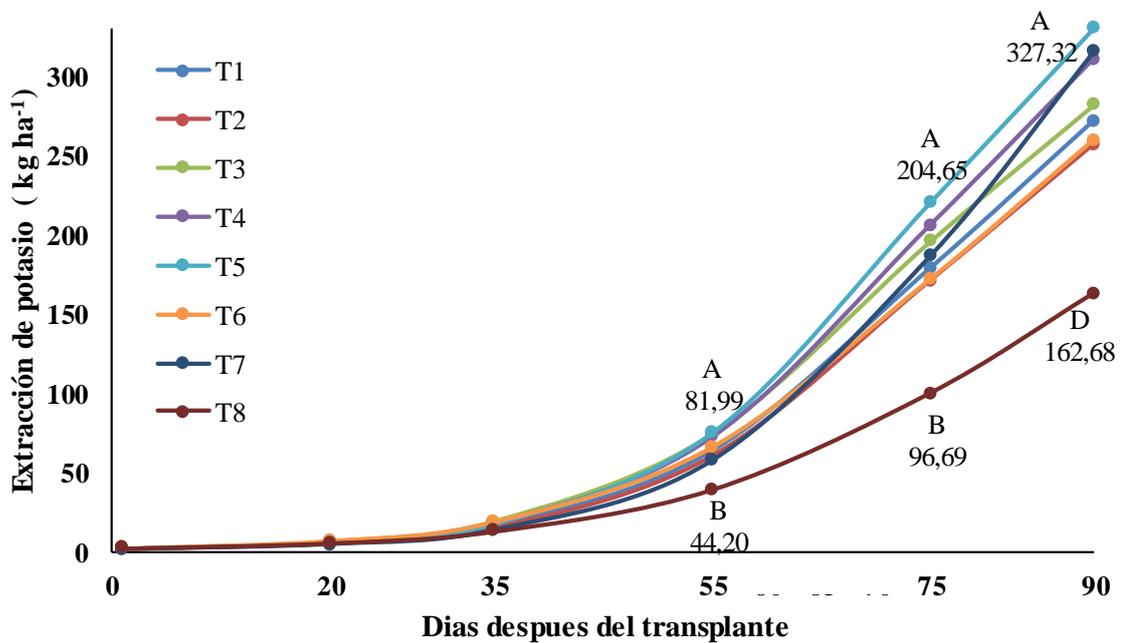
A la cosecha la planta alcanzó una extracción óptima de K de acuerdo a las etapas fenológicas, de manera general se considera que es una etapa de suma importancia para la formación de pella esto significa que la cantidad de K disminuye una vez que las pellas alcanza la madurez fisiológica. A los 35 ddt la planta extrajo 12,80 kg ha<sup>-1</sup> de K, se incrementó a los 55 ddt con un valor de 69,47 kg ha<sup>-1</sup>, a los 75 ddt tuvo una acumulación de 171,05 kg ha<sup>-1</sup> y a los 90 ddt la extracción total fue de 274,16 kg ha<sup>-1</sup> en promedio en cada muestreo realizado en la investigación (Gráfico 6-4).

Con esto se puede mencionar que la planta alcanza mayor área foliar a los 75 ddt e inicio de la formación de la pella en el que requiere un mayor contenido de K para la síntesis de proteínas.

En Investigaciones realizadas por Escobar (2021, p.35) reportó que a los 35 ddt la planta extrae 8,6 kg ha<sup>-1</sup> K y se incrementa la extracción a partir de los 56 ddt con un total acumulado de 64,4 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que a los 75 ddt hay un consumo acumulado de 251.8 kg ha<sup>-1</sup>, y hasta los 95 ddt, la extracción total fue de 275,2 kg ha<sup>-1</sup>

El K es un nutriente de importancia para la osmorregulación y balance iónico de la planta. En la investigación de Sakata (2013, p.54) en brócoli de la var. Avenger, el K fue el macronutriente que obtuvo una mayor absorción con 244,37 kg ha<sup>-1</sup>. La extracción de K es progresiva ya que de acuerdo a FHIA (2004, p.37), en su reporte menciona que mientras más alto es el nivel de extracción de K la producción incrementa, con la aplicación de 240 kg ha<sup>-1</sup>.

Conforme a Toledo (2003, p.65), menciona los valores de extracción total para obtener 32300 kg ha<sup>-1</sup> la planta extrae: potasio 223 K kg ha<sup>-1</sup>. En ensayos realizados por Gonzales (2017, p.54), en sus resultados en brócoli menciona que la planta extrae 405, kg ha<sup>-1</sup> de N, 41,10 kg ha<sup>-1</sup> de P y 227,85 kg ha<sup>-1</sup> de K. La relación de acuerdo a las etapas fenológicas presenta un acumulado en el orden de extracción de los macronutrientes: N > K > P.



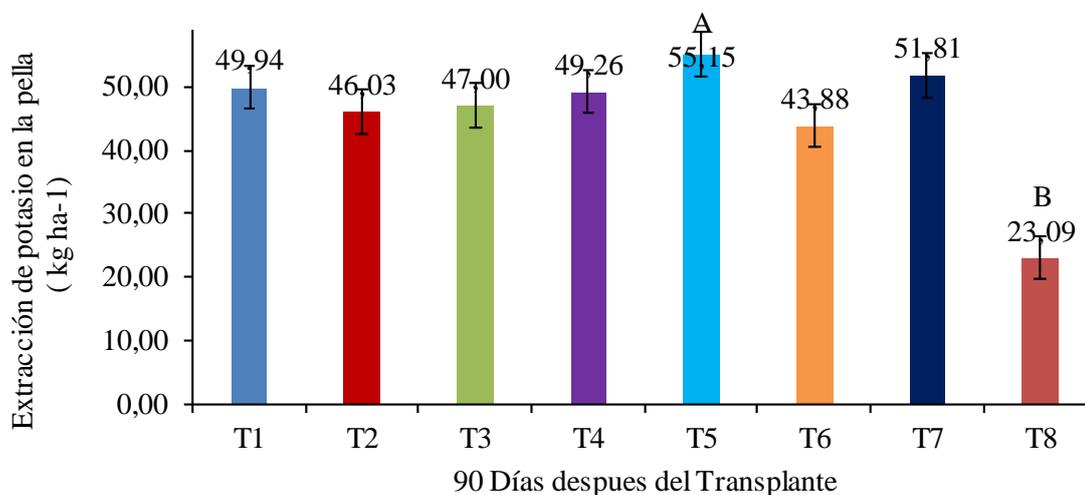
**Ilustración 6-4:** Efecto de los tratamientos en la extracción de K (kg ha<sup>-1</sup>)

Realizado por: Román M., 2022.

La nutrición con K es clave para mejorar el rendimiento, la calidad y la acumulación nutricional para mejorar el cultivo de brócol, el Polysulphate mostró una fuerte tendencia a mejorar y estabilizar los rendimientos, en comparación con los fertilizantes alternativos.

En este contexto, el Polysulphate posee cuatro nutrientes esenciales, es decir un mineral natural puede ser un fertilizante adecuado, especialmente para el mercado orgánico, porque es natural y fácil de esparcir.

Para demostrar las ventajas de la polihalita en la mejora del rendimiento de los cultivos y la calidad del producto Postcosecha, se deben usar sitios con perfiles de nutrientes del suelo más débiles, lo que brinda suficiente espacio para las diferencias estadísticas (Gráfica 7-4).



**Ilustración 7-4:** Efecto de los tratamientos en la extracción de K en la pella (kg ha<sup>-1</sup>)

Realizado por: Román M., 2022.

#### 4.4. Calidad de la pella.

##### 4.3.1. Diámetro ecuatorial de la pella.

El análisis de la variancia para el diámetro ecuatorial de la pella (Tabla 13-4), detectó diferencia significativa para los tratamientos a los 90 ddt y entre las comparaciones ortogonales solo se observó diferencia altamente significativa entre; T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8, mientras para las demás comparaciones ortogonales no se encontró diferencia significativa a la cosecha. Con un coeficiente de variación de 10,67 % lo cual es aceptable para esta clase de investigación en condiciones de campo

**Tabla 13-4:** Análisis de la variancia para la variable diámetro ecuatorial de la pella (cm)

Fuentes de Variación	GL	90 ddt		
		CM	p-Valor	SIG
<b>Bloques</b>	3	10,08	0,0523	ns
<b>Tratamientos</b>	7	9,85	0,0254	*
<b>T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8.</b>	1	31,13	0,006	**
<b>T3, T4, T5 vs T1, T7.</b>	1	2,21	0,4246	ns
<b>T3, T4, T5 vs T6.</b>	1	9,43	0,1072	ns
<b>T2, T3, vs T1, T8.</b>	1	14,1	0,0523	ns
<b>T2, T3 vs T6.</b>	1	1,84	0,4653	ns
<b>T1 vs T5.</b>	1	9,79	0,1012	ns
<b>T5 vs T7.</b>	1	2,11	0,4349	ns
<b>Error</b>	21		3,33	
<b>Total</b>	31			
<b>CV (%)</b>			10,67	
<b>Promedios (cm)</b>			17,11	

P- valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P- valor < 0,05 y > 0,01 \*: Diferencia significativa.

P- valor < 0,05 y < 0,01 \*\*: Diferencia altamente significativa, ddt = días después del trasplante.

**Realizado por:** Román M., 2022.

La prueba de Tukey al 5 % para la variable del diámetro ecuatorial de la pella (Tabla 14-4), detectó tres rangos de significancia. El mayor desarrollo del diámetro ecuatorial de la pella se obtuvo con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) con 19,17 cm y la menor respuesta se logró con la cantidad de 0 kg ha<sup>-1</sup> de fertilización (T8) con un valor de 13,89 cm a la cosecha.

**Tabla 14-4:** Prueba de Tukey al 5 % para el diámetro ecuatorial de la pella (cm)

Tratamientos	Diámetro de la pella(cm)	
	90 ddt	
<b>T1</b>	16,95	ab
<b>T2</b>	16,83	ab
<b>T3</b>	17,73	ab
<b>T4</b>	17,78	ab
<b>T5</b>	19,17	a
<b>T6</b>	16,45	ab
<b>T7</b>	18,14	ab
<b>T8</b>	13,86	b

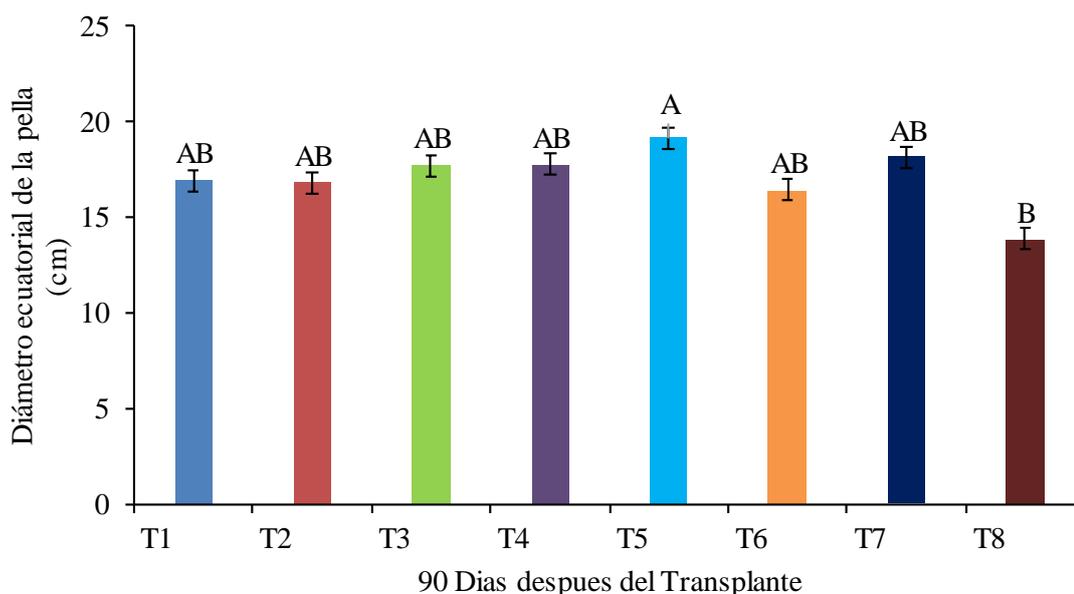
Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0.05)

Los resultados obtenidos en la evaluación del crecimiento en el diámetro ecuatorial de la pella, a los 90 días después del trasplante (Gráfico 8-4), teniendo un crecimiento bastante aceptable en condiciones de campo es posible deducir que las formulaciones potásicas influenciaron directamente en el desarrollo ecuatorial de la pella y con la aplicación de Polysulphate pudiendo remplazar a distintos fertilizantes en suelos con deficiencia de K.

En investigaciones de Corrales (2017, p.51) se lograron valores en los “tratamientos H2R3 (híbrido Domador con dosis de riego al 150%) obtuvo 15,88 cm y el tratamiento H1R3 (híbrido Avenger con dosis de riego al 150%) presentó 14,63 cm” respectivamente.

En estudios realizados por Noé (2022, p.33) reporto valores entre 17,14 y 18,02 cm, aplicado un tratamiento con Fertimar 2 L ha<sup>-1</sup>. Ensayos realizados por Vargas (2019, p.54) valoró la aplicación de distintos abonos orgánicos en el cultivo de brócoli, entre ellos utilizó el producto Algaenzims (0,5 L ha<sup>-1</sup>) aplicado en suelo y a las hojas, con un valor de 16,80 cm.

Al contrario, Mendoza (2020, p.60) al evaluar “la aplicación foliar de dos fuentes de bioestimulantes y ácidos húmicos en brócoli, no encontró diferencias estadísticas significativas entre sus tratamientos, respecto a los valores de diámetro y altura de inflorescencia con un valor de 17,56 cm”.



**Ilustración 8-4:** Efecto de los tratamientos en el diámetro de la pella(cm)

Realizado por: Román M., 2022.

### 4.3.2. Dureza de la pella.

El análisis de la variancia para la dureza de la pella (Tabla 15-4), no detectó diferencia significativa para los tratamientos a los 90 ddt y para las comparaciones ortogonales solo se observó diferencia significativa entre los tratamientos; T3, T4, T5 vs T6 y T1 vs T5, mientras para las demás comparaciones ortogonales no se encontró diferencia significativa a la cosecha. Con un coeficiente de variación de 13,00 % siendo muy aceptable para el experimento en campo, presentando un valor promedio de 1,50 kgf cm<sup>-2</sup>.

**Tabla 15-4:** Análisis de la variancia para la variable dureza de la pella (kgf cm<sup>-2</sup>)

Fuentes de Variación	GL	90 ddt		SIG
		CM	p-Valor	
<b>Bloques</b>	3	0,04	0,3398	ns
<b>Tratamientos</b>	7	0,09	0,0556	ns
<b>T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8.</b>	1	0,03	0,4035	ns
<b>T3, T4, T5 vs T1, T7.</b>	1	0,02	0,4682	ns
<b>T3, T4, T5 vs T6.</b>	1	0,27	0,0142	*
<b>T2, T3, vs T1, T8.</b>	1	2,0 <sup>-03</sup>	0,8177	ns
<b>T2, T3 vs T6.</b>	1	0,04	0,2969	ns
<b>T1 vs T5.</b>	1	0,19	0,0348	*
<b>T5 vs T7.</b>	1	1,0 <sup>-03</sup>	0,8705	ns
<b>Error</b>	21		0,04	
<b>Total</b>	31			
<b>CV (%)</b>			13,00	
<b>Promedios (cm)</b>			1,50	

P- valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P- valor < 0,05 y > 0,01 \*: Diferencia significativa.

P- valor < 0,05 y < 0,01 \*\*: Diferencia altamente significativa, ddt = días después del trasplante.

Realizado por: Román M., 2022.

La prueba de Tukey al 5% para la dureza de la pella (Tabla 16-4), no detectó rangos de significancia a los 90 ddt. Con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) presentó el valor más alto con 1,68 kgf cm<sup>-2</sup>, mientras el menor valor fue con la aplicación de 0 kg ha<sup>-1</sup> de Mg con 1,29 kgf cm<sup>-2</sup>.

**Tabla16-4:** Prueba de Tukey al 5 % para dureza de la pella (kgf cm<sup>-2</sup>)

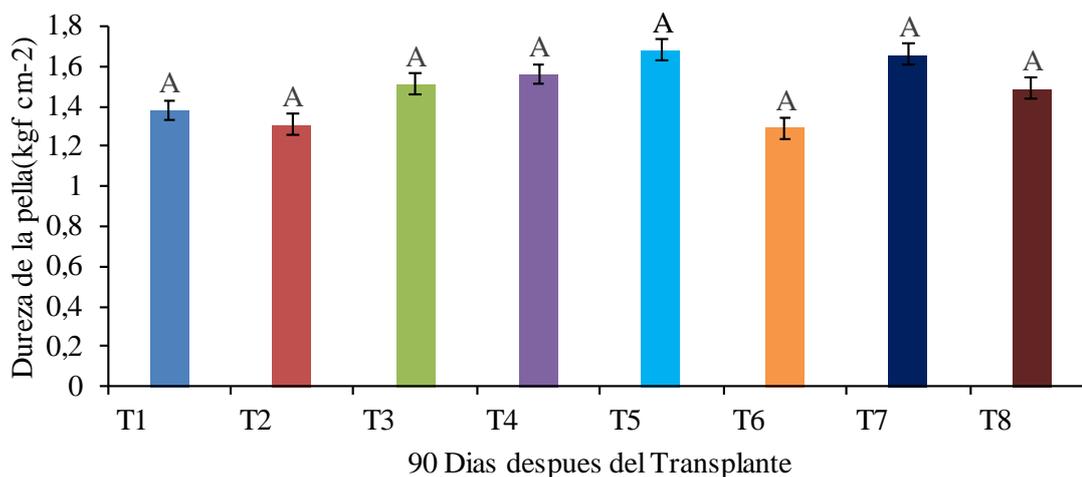
Tratamientos	Dureza de la pella (kgf cm <sup>-2</sup> )	
	90 ddt	
T1	1,38	a
T2	1,31	a
T3	1,51	a
T4	1,56	a
T5	1,68	a
T6	1,29	a
T7	1,66	a
T8	1,49	a

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0.05) ddt = días después del trasplante.

**Realizado por:** Román M., 2021.

Los resultados obtenidos en esta investigación, con respecto a la dureza de la pella a los 90 días después del trasplante (Gráfico 9-3), teniendo una dureza aceptable para el consumo humano y para la exportación, es viable deducir que con la aplicación de Polysulphate por ser un fertilizante multinutriente mejora el estado nutricional de los cultivos, especialmente enriquecidos con K, Ca, Mg y S, que son esenciales para la productividad y mejorando los parámetros de calidad del brócoli (Silva, 2019, p.54).

Según investigaciones de Coque (2013, p.54), a que se produce cambios bruscos de temperatura durante la fase de inducción floral. Además, Montes (2004, p.96) señala que la dureza es una característica propia de cada cultivar y una condición importante para la comercialización, ya que el consumidor prefiere pellas de cabeza lisa, sin deformaciones ni irregularidades en su parte superior con un promedio de 1,50 kgf cm<sup>-2</sup>, lo cual es corroborado por Suquilanda (2003, p.15), el cual señala que la dureza de las pellas es uno de los parámetros que exige el mercado local como el de exportación.



**Ilustración 9-4:** Efecto de los tratamientos en la dureza de la pella (kgf cm-2)

Realizado por: Román M., 2022.

#### 4.3.3. *Peso de la pella.*

El análisis de la variancia para el peso de la pella (Tabla 17-4), detectó diferencia altamente significancia estadística para los tratamientos y para las comparaciones ortogonales reveló diferencia altamente significativa a la cosecha. Con un coeficiente de variación de 7,95%, es muy aceptable para los experimentos en condiciones de campo.

**Tabla 17-4:** Análisis de la variancia para el peso de la pella (g planta<sup>-1</sup>) en el cultivo de brócoli

Fuentes de Variación	GL	90 ddt	
		CM	p-Valor SIG
<b>Bloques</b>	3	2436,46	0,1109 ns
<b>Tratamientos</b>	7	37874,55	<0,0001 **
<b>T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8.</b>	1	96901,04	<0,0001 **
<b>T3, T4, T5 vs T1, T7.</b>	1	653,33	0,4447 **
<b>T3, T4, T5 vs T6.</b>	1	10208,33	0,0057 **
<b>T2, T3, vs T1, T8.</b>	1	35156,25	<0,0001 **
<b>T2, T3 vs T6.</b>	1	504,17	0,5013 **
<b>T1 vs T5.</b>	1	5512,50	0,0344 **
<b>T5 vs T7.</b>	1	112,50	0,7497 **
<b>Error</b>	21	1076,93	
<b>Total</b>	31		
<b>CV (%)</b>		7,95	
<b>Promedios (cm)</b>		412,81	

La prueba de Tukey al 5% para el peso de la pella (Tabla 18-4), detectó síes rangos de significancia para los tratamientos, la mejor respuesta se presentó con la aplicación de la formulación potásicas de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) con 497,50 g planta<sup>-1</sup> y la menor respuesta que se obtuvo fue con la aplicación de un testigo absoluto 0 kg ha<sup>-1</sup> de fertilización (T8) con un valor de 190,00 g planta<sup>-1</sup> a la cosecha

**Tabla 18-4:** Prueba de Tukey al 5 % para el peso de la pella (g planta<sup>-1</sup>)

Tratamientos	Peso de la pella ( g planta <sup>-1</sup> )	
	90 ddt	
<b>T1</b>	445,00	abc
<b>T2</b>	412,50	bc
<b>T3</b>	410,00	c
<b>T4</b>	460,00	abc
<b>T5</b>	497,50	a
<b>T6</b>	397,50	c
<b>T7</b>	490,00	ab
<b>T8</b>	190,00	d

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0.05); ddt = días después del trasplante.

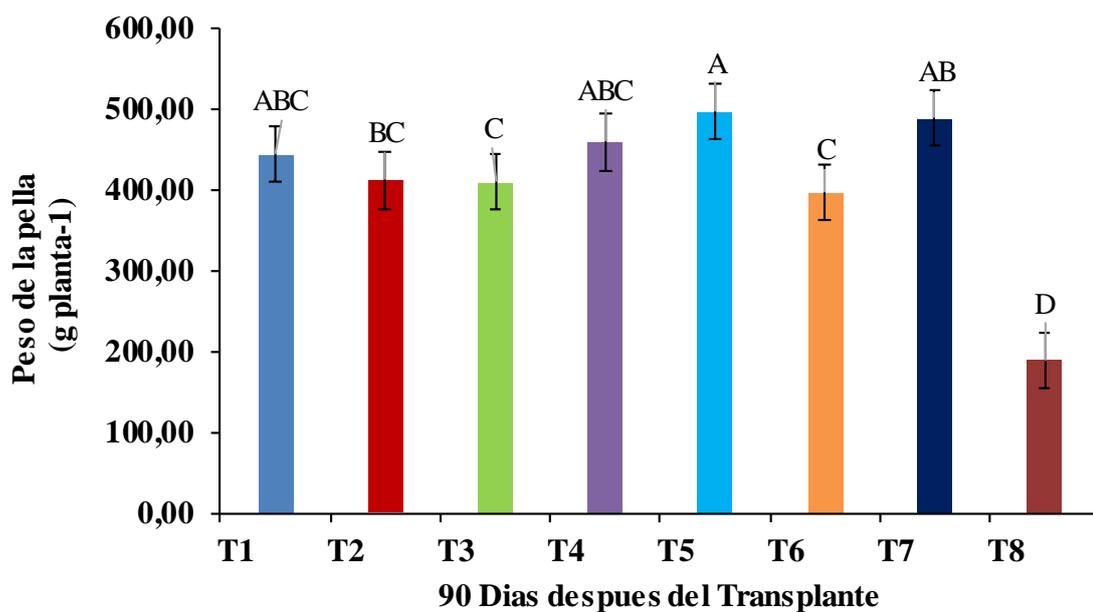
**Realizado por:** Román M., 2022.

En investigaciones realizadas por Coronado (2015, p.55) menciona que el tratamiento con Fertimar aplicando una dosis de 800 g ha<sup>-1</sup> tiene una significancia en el peso promedio de la pella de 491,23 g planta<sup>-1</sup>, en el que la dosis aplicada de este tratamiento fue el doble a la demás dosis del testigo.

Al mismo tiempo, Vargas (2019, p.58), el tratamiento con la aplicación del producto Algaenzims 0,5 L ha<sup>-1</sup> en suelo y hojas, no presentaron diferencias estadísticas significativas en cuanto al peso de la pella con un valor de 551,23 g planta<sup>-1</sup>.

Sin embargo, Lozano (2019, p.35) observó que, a mayor distancia de trasplante, hay un aumento del peso de las pellas cosechadas, teniendo 257 g planta<sup>-1</sup> con un distanciamiento de 30m x 30m y 207,3 g planta<sup>-1</sup> a un distanciamiento de 15m x15m por pella.

En estudios realizados por Santillán (2016, p.60) reporto que el mejor resultado se encontró en el T6 (EM - 1) 2,0 L sobre 20 L AGUA) con 375,67 g planta<sup>-1</sup>. Del mismo modo comparando con (Semini, 2016, p.45) quien logró con el híbrido Legacy 1257 g planta<sup>-1</sup> nuestros resultados son inferiores siendo inferior a nuestros resultados obtenidos.



**Ilustración 10-4:** Efecto de los tratamientos sobre el peso de la pella (g planta<sup>-1</sup>)

Realizado por: Román M., 2022.

#### 4.4. Vida en Anaquel.

##### 4.4.1. Concentración del Acidez Titulable (AT%) ácido cítrico

###### 4.4.1.1. Concentración del Acidez Titulable (AT%) ácido cítrico a temperatura ambiente

El análisis de variancia para la concentración de la Acidez Titulable (AT%) ácido cítrico a temperatura ambiente (Tabla 19-4), mostró diferencia altamente significativa a los 6 ddc evaluación, con una media general de 0,42 (AT % ácido cítrico). El coeficiente de variación de 3,34%, que es aceptable para este tipo de investigación.

**Tabla 19-4:** Análisis de la variancia para el AT % ácido cítrico a temperatura ambiente

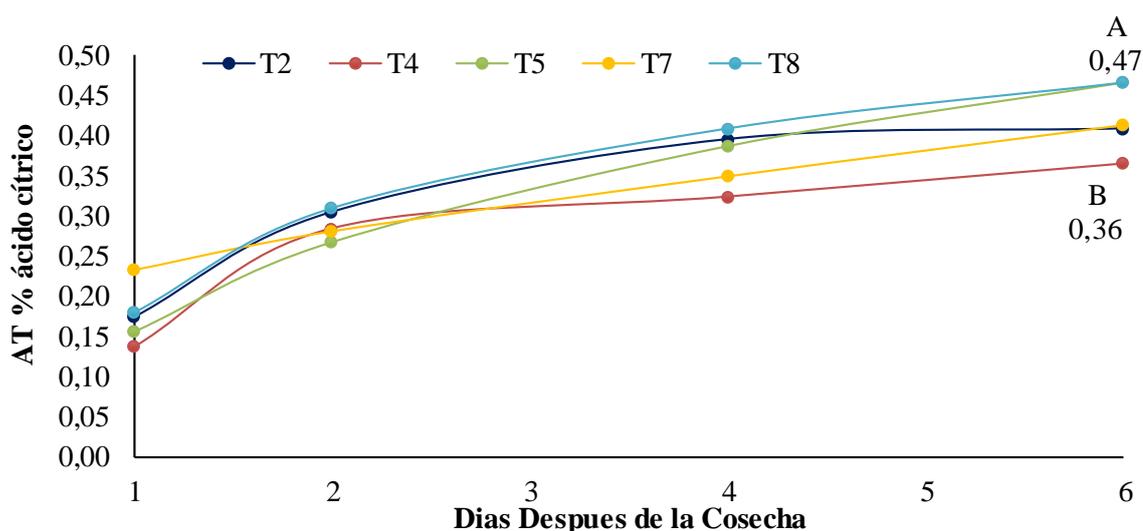
Fuentes de Variación	GL	Cuadrados medios			
		1 ddc	2 ddc	4 ddc	6 ddc
Repetición	1	1,00E-03 <sup>ns</sup>	9,00E-05 <sup>ns</sup>	9,00E-05 <sup>ns</sup>	00E-05 <sup>ns</sup>
Tratamientos	4	0,01 <sup>ns</sup>	6,10E-04 <sup>ns</sup>	2,70E-03 <sup>ns</sup>	4,40E-03 <sup>**</sup>
Error	4	0,01	2,90E-04	2,90E-04	2,00E-04
<b>Total</b>	<b>9</b>				
CV (%)		0,1	5,89	4,57	3,34
ATácidocítrico(%)		0,18	0,29	0,37	0,42

\*\* = Diferencia altamente significativa. \* = Diferencia significativa. ns = no significativo.

ddc = días después de la cosecha

Realizado por: Román M., 2022.

La prueba de Tukey al 5% , detectó tres rangos de significancia para la Acidez titulable del ácido cítrico, la mejor respuesta se presentó con la aplicación de la formulación potásicas de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) con 0,47 (AT % ácido cítrico) y la menor respuesta que se obtuvo con la aplicación de la formulación potásica de 300 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T4) con un valor de 0,36 (AT % ácido cítrico) a los 6 días después de la cosecha, mostraron una disminución durante los primeros seis días se presentan en el (Gráfico 11-4)



**Ilustración 11-4:** Efecto de los tratamientos sobre la concentración del AT (%) ácido cítrico a temperatura ambiente

Realizado por: Román M., 2022.

#### 4.4.1.2. Concentración del Acidez Titulable (AT%) ácido cítrico a temperatura a 6 °C

El análisis de variancia (Tabla 20-4), mostró diferencia significativa en los primeros días de evaluación hasta los 21 ddc, con una media de 0,30 (AT % ácido cítrico) con un coeficiente de variación 4,68%. Los valores de acidez Titulable (AT%) en el brócoli conservada a temperatura de 6 °C mostraron una disminución durante los primeros días y luego se mantuvieron constantes durante el almacenamiento

En los tratamientos evaluados en el brócoli almacenadas en temperatura a 6 °C los valores de AT igualmente presentaron una reducción moderada en este mismo periodo de almacenamiento, para luego descender bruscamente hasta el final de periodo de valoración. Si se considera el tipo de almacenamiento, los valores de la AT presentaron similar comportamiento al hallado en función de la temperatura.

**Tabla 20-4:** Análisis de la variancia para el AT % ácido cítrico a temperatura a 6 °C

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados medios			
		1 ddc	7 ddc	14 ddc	21 ddc
<b>Repetición</b>	1	3,60 <sup>-04ns</sup>	0 <sup>ns</sup>	3,60 <sup>-04ns</sup>	0 <sup>ns</sup>
<b>Tratamientos</b>	4	1,50 <sup>-03*</sup>	2,10 <sup>-03*</sup>	1,80 <sup>-03*</sup>	1,7 <sup>-03*</sup>
<b>Error</b>	4	1,60 <sup>-04</sup>	2,00 <sup>-04</sup>	1,60 <sup>-04</sup>	2,00 <sup>-04</sup>
<b>Total</b>	9				
<b>CV (%)</b>		7,35	6,61	4,76	4,68
<b>ATácidocítrico(%)</b>		0,17	0,21	0,27	0,30

\*\* = Diferencia altamente significativa. \* = Diferencia significativa. ns = no significativo,

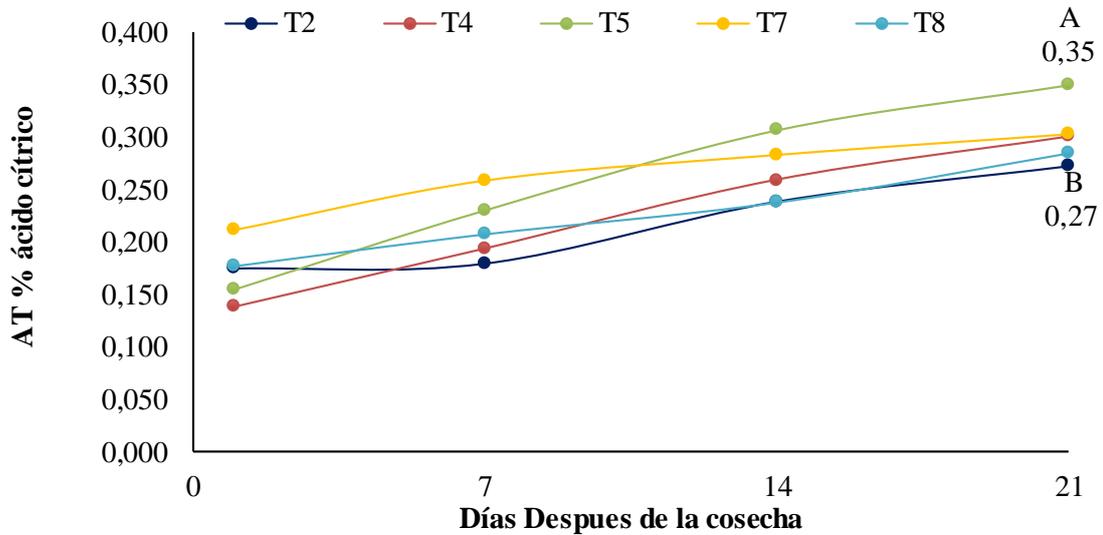
ddc = días después de la cosecha

**Realizado por:** Román M., 2022.

La prueba de Tukey al 5%, mostró tres rangos de significancia, la mejor respuesta se obtuvo con la aplicación de la formulación potásica de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) con 0,35 (AT % ácido cítrico) después de la cosecha y la menor respuesta que se obtuvo con la aplicación de 0 kg ha<sup>-1</sup> de Ca (T2) con un valor de 0,27(AT % ácido cítrico) (Gráfico 12-3).

Según las investigaciones de Alférez (2003, pp.143-152) en naranja y Dussán (2003, p.65) en higo, los valores de la acidez disminuyen en los primeros días de almacenamiento y después se elevan, situación provocada por el estrés en el momento de la recolección para luego desacelerarse en el proceso de maduración y futura senescencia como proceso natural, encontraron que los ácidos

libres en los frutos aumentan al comenzar el crecimiento, pero la concentración de estos disminuye por dilución, lo que aumenta el pH a medida que el pella madura.



**Ilustración 12-4:** Efecto de los tratamientos sobre la concentración del ácido cítrico (%) temperatura 6 °C

Realizado por: Román M., 2022.

#### 4.4.1.3. Concentración del Acidez Titulable (AT%) ácido cítrico a temperatura a 0 °C

El análisis de la variación (Tabla 21-4), detectó diferencia significativa a los 21 ddc, con una media de 0,23 (AT % ácido cítrico), con un coeficiente de variación de 5,50% que es aceptable para esta clase de investigaciones en campo. La acidez Titulable (AT%) en el brócoli almacenada a temperatura de 0°C mostraron una conservación alta entre los primeros días de evaluación, en este contexto, se mantuvieron constantes durante el almacenamiento.

En los tratamientos evaluados en el cultivo de brócoli conservadas en temperatura a 0 °C mostrando un comportamiento natural y esperado, pues a mayor temperatura, se incrementan las reacciones de deterioro en lípidos que acortan la vida útil del producto, los valores de AT igualmente presentaron una reducción moderada a los 21 ddc, y a partir de este periodo de almacenamiento descendió bruscamente hasta el final de periodo de valoración.

**Tabla 21-4:** Análisis de la variancia para AT % ácido cítrico a temperatura de 0 °C

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados medios			
		1 ddc	7 ddc	14 ddc	21 ddc
Repetición	1	3,60 <sup>-04ns</sup>	1,00 <sup>-05ns</sup>	4,00 <sup>-05ns</sup>	1,60 <sup>-04ns</sup>
Tratamientos	4	1,50 <sup>-03*</sup>	1,20 <sup>-03ns</sup>	7,40 <sup>-04ns</sup>	1,60 <sup>-03*</sup>
Error	4	1,60 <sup>-04</sup>	2,10 <sup>-04</sup>	1,40 <sup>-04</sup>	1,60 <sup>-04</sup>
Total	9				
CV (%)		7,35	7,75	5,67	5,50
ATácidocítrico(%)		0,17	0,18	0,21	0,23

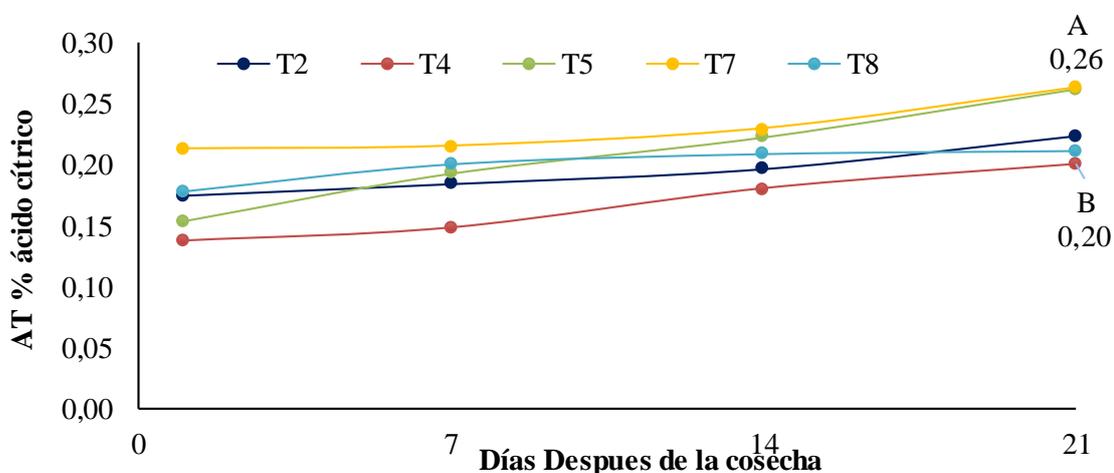
\*\* = Diferencia altamente significativa. \* = Diferencia significativa. ns = no significativo.

ddc = días después de la cosecha

Realizado por: Román M., 2022.

La prueba de Tukey al 5%, mostró tres rangos de significancia la mejor respuesta se presentó con la aplicación de la formulación potásicas de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) con 0,26 (AT % ácido cítrico) después de la cosecha y la menor respuesta que se obtuvo con la aplicación de la formulación potásica de 300 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T4) con un valor de 0,20 (AT % ácido cítrico), mostraron una disminución al final de los días de evaluación (Gráfico 13-4)

El pella del brócoli puede ser consumida según criterio de falla como producto fresco durante los primeros seis hasta máximo diez días de almacenamiento según la Norma ISO 50001, en condiciones ambientales (37±2 °C y 85 - 90% de HR) y máximo quince días en almacenamiento refrigerado (9±2 °C y 85 - 90% de HR). A partir de los días límites antes mencionados, las pellas pueden ser procesadas industrialmente para el consumo y la exportación de la misma.



**Ilustración 13-4:** Efecto de los tratamientos sobre la concentración del ácido cítrico (%) a temperatura de 0°C

Realizado por: Román M., 2022.

#### 4.4.2. pH

##### 4.4.2.1. pH a temperatura ambiente

El análisis de variancia para la variable del pH (Tabla 22-4), detectó diferencia altamente significativa en los tratamientos evaluados en el cultivo de brócoli, en todos los días después de la cosecha almacenados a temperatura ambiente. El coeficiente de variación se encuentra entre 0,1 a 0,15%, que son aceptables para estas clases de investigaciones en condiciones de campo.

**Tabla 22-4:** Análisis de la variancia para el pH a temperatura ambiente

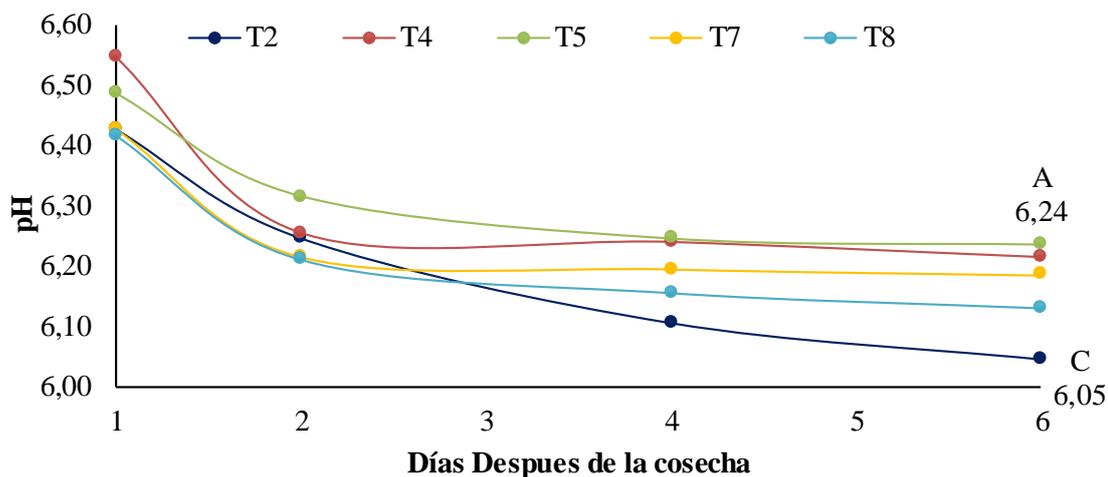
Fuentes de Variación	GL	Cuadrados medios			
		1 ddc	2 ddc	4 ddc	6 ddc
Repetición	1	9,00 <sup>-05</sup> ns	4,00 <sup>-05</sup> ns	0 <sup>ns</sup>	4,00 <sup>-05</sup> ns
Tratamientos	4	0,01 <sup>**</sup>	3,50 <sup>-03</sup> **	0,01 <sup>**</sup>	0,01 <sup>**</sup>
Error	4	4,00 <sup>-05</sup>	9,00 <sup>-05</sup>	5,00 <sup>-05</sup>	9,00 <sup>-05</sup>
Total	9				
CV (%)		0,1	0,15	0,11	0,15
Promedios (pH)		6,46	6,25	6,19	6,16

\*\* = Diferencia altamente significativa. \* = Diferencia significativa. ns = no significativo

ddc = días después de la cosecha

Realizado por: Román M., 2022.

La prueba de Tukey al 5%, detectó cinco rangos de significancia a los 6 ddc (Gráfico 14-4), la mayor respuesta se puede observar con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) con un 6,44 (pH) es la que se encuentra con menor acidez conforme avanza el tiempo de evaluación, con la aplicación de 0 kg ha<sup>-1</sup> de Ca (T2) con 6,05 (pH) presenta una mayor acidez conforme el tiempo avanza.



**Ilustración 14-4:** Efecto de los tratamientos sobre el pH a temperatura ambiente

Realizado por: Román M., 2022.

#### 4.4.2.2. pH a temperatura a 6 °C

El análisis de la variancia para el pH a temperatura a 6 °C (Tabla 23-4), mostró una diferencia altamente significativa a partir de los primeros días de evaluación hasta los 21 ddc, en el último día de evaluación el pH tuvo una caída brusca en todos los tratamientos. Los coeficientes de variación oscilan entre 0,1 % y 0,15%, siendo muy buenos para este tipo de investigación.

**Tabla 23-4:** Análisis de la variancia para el pH a temperatura de 6 °C

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados medios			
		1 ddc	7 ddc	14 ddc	21 ddc
Repetición	1	9,00 <sup>-05</sup> ns	1,00 <sup>-05</sup> ns	1,00 <sup>-05</sup> ns	2,50 <sup>-05</sup> ns
Tratamientos	4	0,01 **	3,10 <sup>-03</sup> **	3,40 <sup>-03</sup> **	4,80 <sup>-05</sup> **
Error	4	4,00 <sup>-05</sup>	6,00 <sup>-05</sup>	5,00 <sup>-05</sup>	3,00 <sup>-05</sup>
Total	9				
CV (%)		0,1	0,12	0,12	0,15
Promedios (pH)		6,46	6,41	6,37	6,35

\*\* = Diferencia altamente significativa. \* = Diferencia significativa. ns = no significativo.

ddc = días después de la cosecha

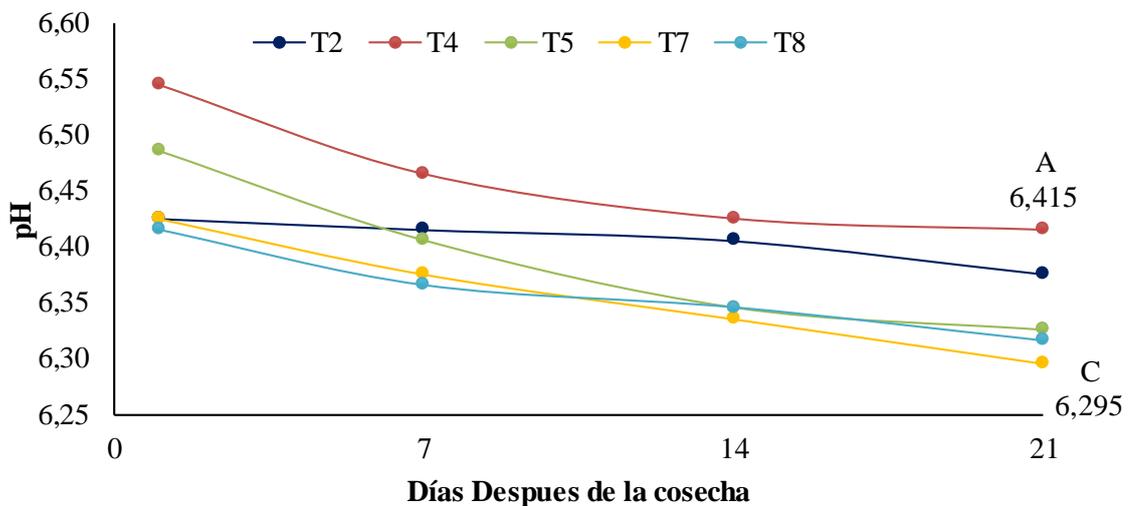
Realizado por: Román M., 2022.

La prueba de Tukey al 5% en el (Gráfico 15-4) se puede observar que la aplicación 300 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T4) reportó un valor de 6,42 (pH) es la que se encuentra con menor acidez conforme avanza el tiempo de evaluación, mientras que en la fertilización del agricultor (T7 Fertilización de la Hacienda la campiña) tuvo un valor de 6,30 (pH) obteniendo una mayor acidez

conforme el tiempo avanza. Esto coincide con otras investigaciones realizadas a jugos tratados térmicamente (Fernandes A. G. et al., 2011, pp. 747-751)

El pH es un indicador de la medida de acidez o alcalinidad de un alimento, un factor determinante para controlar el crecimiento bacteriano, ya que en un pH bajo se detiene su desarrollo Kim et al., (2018, pp.65-76).

Al mismo tiempo, Akira F. C. y Berbert R. (2002, pp. 143-152) indican que el pH de sus muestras de jugo de piña mezclado con jugo de acerola descienden después de aplicar el proceso térmico. En adición a esto los valores de pH de dicho estudio concuerdan con los obtenidos de las muestras del néctar, esto se da por la ionización parcial de los ácidos orgánicos presentes en la muestra (Ocampo O. y Lopez O., 2000).



**Ilustración 15-4:** Efecto de los tratamientos sobre el pH a temperatura de 6 °C

Realizado por: Román M., 2022.

#### 4.4.2.3. pH a temperatura a 0 °C

El análisis de la variancia para el pH a temperatura a 0°C (Tabla 24-4), de que se evaluó en los tratamientos valorados en el cultivo de brócoli, conservada a temperatura de congelación (T = 0,6 °C y HR = 91,1%), de acuerdo con los siguientes datos para el pH en los cinco tratamientos, se obtiene una diferencia altamente significativa a partir de los primeros días de evaluación hasta los 21 ddc, en el último día de evaluación el pH tuvo una caída brusca en todos los tratamientos

**Tabla 24-4:** Análisis de la variancia para el pH a temperatura de 0 °C

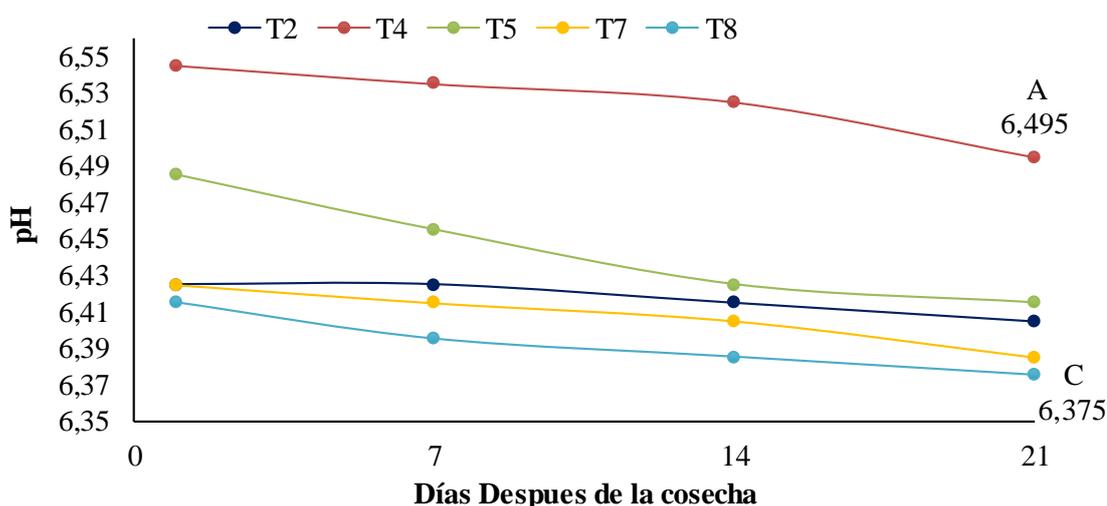
Fuentes de Variación	GL	Cuadrados medios			
		1 ddc	7 ddc	14 ddc	21 ddc
Repetición	1	9,00 <sup>-05ns</sup>	9,00 <sup>-05ns</sup>	1,00 <sup>05ns</sup>	1,00 <sup>-05ns</sup>
Tratamientos	4	0,01 <sup>**</sup>	0,01 <sup>**</sup>	0,01 <sup>**</sup>	4,50 <sup>-05**</sup>
Error	4	4,00 <sup>-05</sup>	4,00 <sup>-05</sup>	6,00 <sup>-05</sup>	6,00 <sup>-05</sup>
Total	9				
CV (%)		0,10	0,10	0,12	0,12
Promedios (pH)		6,46	6,45	6,44	6,42

\*\* = Diferencia altamente significativa. \* = Diferencia significativa. ns = no significativo.

ddc = días después de la cosecha

Realizado por: Román M., 2022.

La prueba de Tukey al 5% en el (Gráfico 16-4) se puede observar que con la aplicación de 300 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T4) con 6,50 (pH) es la que se encuentra con menor acidez conforme avanza el tiempo de evaluación, mientras que en el testigo absoluto con 0 kg ha<sup>-1</sup> de fertilización (T8), presenta un valor de 6,38 (pH) obteniendo una mayor acidez conforme el tiempo avanza.



**Ilustración 16-4:** Efecto de los tratamientos sobre el pH a temperatura de 0 °C

Realizado por: Román M., 2022.

#### 4.4.3. Vitamina C

##### 4.4.3.1. Vitamina C a temperatura ambiente

Los análisis de la variancia para la vitamina C a temperatura ambiente (Tabla 25-4) mostró diferencia altamente significativa en los tratamientos aplicados en el cultivo de brócoli. En

comparación con otras vitaminas presentes en los alimentos, la vitamina C es la menos estable y la más reactiva, su oxidación es función de muchas variables, principalmente la disponibilidad de oxígeno, temperatura, pH (más estable a pH ácido), metales de transición (hierro y cobre) y luz; además, la presencia de algunas sales, la actividad del agua, los peróxidos, ciertas enzimas y otras vitaminas también pueden afectar, especialmente la riboflavina por su foto sensibilidad (Badui, 2006, p.65).

**Tabla 25-4.** Análisis de la variancia para Vitamina C a temperatura ambiente

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados medios			
		1 ddc	2 ddc	4 ddc	6 ddc
<b>Repetición</b>	1	7,14 <sup>1 ns</sup>	7,00 <sup>01 ns</sup>	2,11 <sup>+00 ns</sup>	3,80 <sup>01 ns</sup>
<b>Tratamientos</b>	4	87,03 <sup>**</sup>	7,11 <sup>01 **</sup>	4,44 <sup>+01 **</sup>	2,73 <sup>+01 **</sup>
<b>Error</b>	4	2,80 <sup>01</sup>	1,23 <sup>0</sup>	6,00 <sup>02</sup>	0,38
<b>Total</b>	9				
<b>CV (%)</b>		0,81	1,89	0,48	1,27 <sup>+01</sup>
<b>Pro.(mg 100<sup>-1</sup>g)</b>		65,48	58,67	52,37	48,64

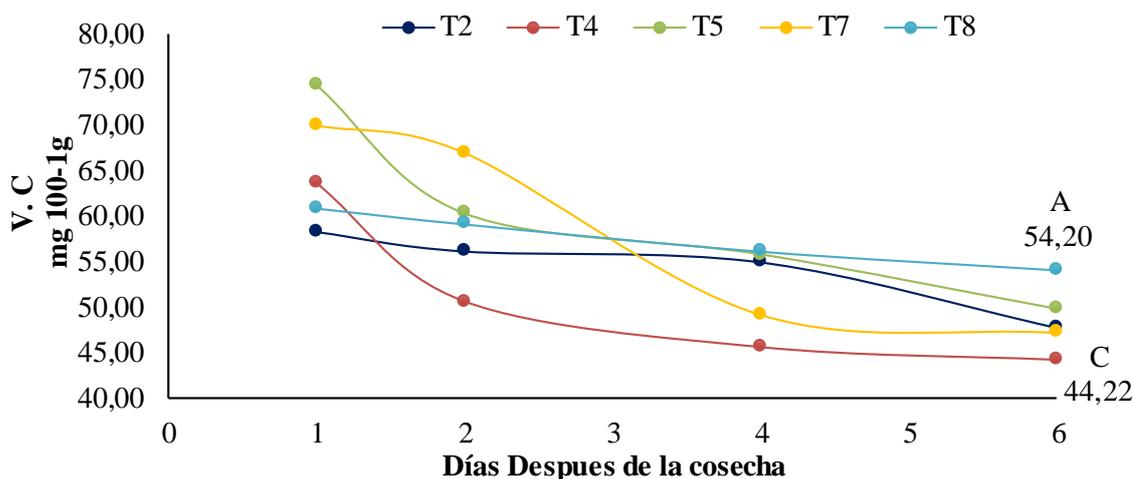
\*\* = Diferencia altamente significativa. \* = Diferencia significativa. ns = no significativo.

ddc = días después de la cosecha

**Realizado por:** Román M., 2022.

Numerosos estudios sobre procesamiento de alimentos toman a la vitamina C como un cuadro de calidad debido a su carácter termolábil (Santos,2008, pp. 1421-1437). En el (Gráfico 17-3) aplicando 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) claramente posee un mayor contenido de vitamina C con un valor de 74,7 mg 100g<sup>-1</sup>, en los primeros días.

Hasta que en el sexto día de evaluación tuvo un descenso brusco perdiendo hasta un 33,05% de este valioso micronutriente. En cambio, con la aplicación de 300 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T4) se obtuvo una aceptable cantidad de vitamina C con un valor de 63,68 mg 100g<sup>-1</sup> en los primeros días de evaluación disminuyendo hasta un 30,55% la calidad de la pella en el sexto día de valorización.



**Ilustración 17-4:** Efecto de los tratamientos sobre la Vitamina C a temperatura ambiente

Realizado por: Román M., 2022.

#### 4.4.3.2. Vitamina C a temperatura 6 °C

En el análisis de la variancia de la vitamina C a temperatura 6 °C (Tabla 26-4), detectó una diferencia altamente significativa en los tratamientos valorados en el cultivo de brócoli, en los días evaluados. Según Castillo (2009, p.75) la vitamina C es la más termolábil de los nutrientes en los alimentos y esto se ve corroborado por los resultados obtenidos en investigaciones realizadas anteriormente, ya que se observó que la temperatura tuvo un efecto notable: los néctares que fueron pasteurizados a 75 ° fueron los que mayor cantidad de vitamina C perdieron.

**Tabla 26-4:** Análisis de la variancia para el pH a temperatura de 0 °C

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados medios			
		1 ddc	7 ddc	14 ddc	21 ddc
<b>Repetición</b>	1	7,14 <sup>+00 ns</sup>	1,50 <sup>-01 ns</sup>	3,80 <sup>-01 ns</sup>	1,70 <sup>-01 ns</sup>
<b>Tratamientos</b>	4	87,03 <sup>**</sup>	45,16 <sup>**</sup>	43,44 <sup>**</sup>	3,64 <sup>+01 **</sup>
<b>Error</b>	4	2,80 <sup>-01</sup>	3,70 <sup>-01</sup>	1,70 <sup>-01</sup>	1,70 <sup>-01</sup>
<b>Total</b>	9				
<b>CV (%)</b>		0,81	1,02	0,72	0,74
<b>Pro.(mg 100<sup>-1</sup>g)</b>		65,48	59,74	57,28	55,92

\*\* = Diferencia altamente significativa. \* = Diferencia significativa. ns = no significativo.

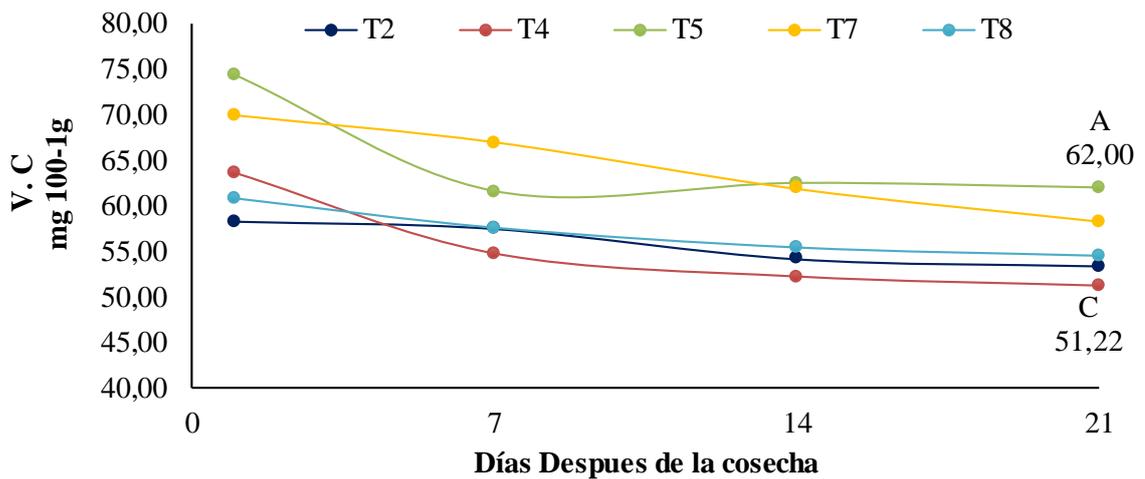
ddc = días después de la cosecha

Realizado por: Román M., 2022.

La vitamina C en el (Gráfico 18-4) con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) visiblemente posee un mayor contenido de vitamina C con un valor de 74,7 mg 100g<sup>-1</sup>, en los primeros días de evaluación hasta que tuvo un descenso a los 21 días de cálculo perdiendo hasta

un 16,66% de este valioso micronutriente. En cambio, con la aplicación de 300 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T4) en los últimos días de evaluación tuvo un descenso brusco hasta un valor de 54,56 mg 100g<sup>-1</sup>.

En investigación realizadas por Akira F. C. y Berbert R. (2002, p.64) reportaron que después del tratamiento térmico el jugo de piña con acerola se pierde desde un 75,48 % en el caso más leve y hasta un 92,07 % en el caso más extremo. La pérdida de este micronutriente después de un proceso térmico también se reporta en una amplia variedad de estudios (Castillo P. y Miranda L 2000, p.86).



**Ilustración 18-4:** Efecto de los tratamientos sobre la Vitamina C a Temperatura de 6 °C

Realizado por: Román M., 2022.

#### 4.4.3.3. Vitamina C a temperatura 0 °C

El análisis de la variancia para la vitamina C a temperatura 0 °C (Tabla 27-4) mostró diferencia altamente significativa. Evaluadas con diferentes tratamientos en el cultivo de brócoli. La vitamina C es importante para el cuerpo humano, la cantidad diaria requerida para, un adulto debe consumir de 75 a 90 mg. El ácido ascórbico es la principal forma activa de vitamina C, un antioxidante, que elimina los radicales libres nocivos para la salud (Moreno, 2008, p.176)

**Tabla 27-4:** Análisis de la variancia para el pH a temperatura de 0 °C

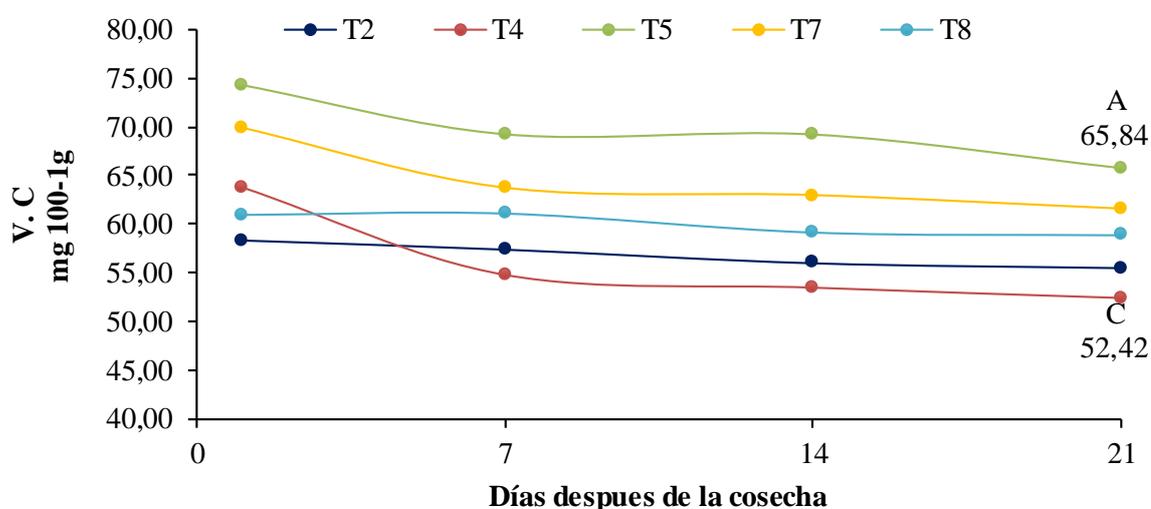
Fuentes de Variación	GL	Cuadrados medios			
		1 ddc	7 ddc	14 ddc	21 ddc
Repetición	1	7,14 <sup>+00ns</sup>	6,50 <sup>-01ns</sup>	4,00 <sup>-02ns</sup>	1,80 <sup>-01ns</sup>
Tratamientos	4	87,03 <sup>**</sup>	63,85 <sup>**</sup>	77,06 <sup>**</sup>	5,42 <sup>+01**</sup>
Error	4	2,80 <sup>-01</sup>	2,50 <sup>-01</sup>	2,60 <sup>-01</sup>	3,90 <sup>-01</sup>
Total	9				
CV (%)		0,81	0,82	0,85	1,06
Pro.(mg 100 <sup>-1</sup> g)		65,48	61,25	60,17	58,83

\*\* = Diferencia altamente significativa. \* = Diferencia significativa. ns = no significativo.

ddc = días después de la cosecha

Realizado por: Román M., 2022.

El contenido de la concentración de la vitamina C en las muestras almacenadas a 0 °C en los cinco tratamientos (Gráfico 19-4) muestra que con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) se tuvo el mayor contenido de vitamina C con un valor de 74,4 mg 100g<sup>-1</sup> hasta la cuarta semana de almacenamiento del producto e indica como la vitamina C se conserva reduciendo solo un 11,5%; en cambio con la aplicación de 300 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T4) se tuvo una cantidad aceptable de vitamina C en los primeros días de evaluación hasta el día 21 de la valoración donde se observó un descenso de 17,7% en la calidad de la pella. Resultados similares fueron reportados por Borrmann et al. (2013, pp.13).



**Ilustración 19-4:** Efecto de los tratamientos sobre la Vitamina C a temperatura de 0 °C  
Realizado por: Román M., 2022.

### 3.4.3. Control microbiológico

La disminución de la calidad de las pellas de brócoli se ve influenciada principalmente por la acción microbiológica de bacterias, hongos y levaduras. El resultado del control microbiológico en las pellas de brócoli evaluada con diferentes tratamientos en condiciones de campo se presenta en la (Tabla 28-4).

**Tabla 28-4:** Análisis microbiológico durante el almacenamiento de brócoli

TR.	Temperatura de almacenamiento (°C)	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN BRÓCOLI ALMACENADOS					
		Aerobios Mesófilos (UFC/g)			Coliformes Totales (UFC/g)		
		1ddc	4ddc	6ddc	1ddc	4ddc	6ddc
T2	AM	14*10 <sup>-3</sup>	30*10 <sup>-3</sup>	35*10 <sup>-3</sup>	AU	AU	2*10 <sup>-3</sup>
T4	AM	19*10 <sup>-3</sup>	30*10 <sup>-3</sup>	IN	2*10 <sup>-3</sup>	10*10 <sup>-3</sup>	1060*10 <sup>-3</sup>
T5	AM	11*10 <sup>-3</sup>	25*10 <sup>-3</sup>	36*10 <sup>-3</sup>	1*10 <sup>-3</sup>	AU	5*10 <sup>-3</sup>
T7	AM	36*10 <sup>-3</sup>	110*10 <sup>-3</sup>	23*10 <sup>-3</sup>	13*10 <sup>-3</sup>	40*10 <sup>-3</sup>	2*10 <sup>-3</sup>
T8	AM	1140*10 <sup>-3</sup>	25 *10 <sup>-3</sup>	9*10 <sup>-3</sup>	700*10 <sup>-3</sup>	30*10 <sup>-3</sup>	AU
		1ddc	7ddc	21ddc	1ddc	7ddc	21ddc
T2	6 °C	14*10 <sup>-3</sup>	25	5	AU	7*10 <sup>-3</sup>	1*10 <sup>-3</sup>
T4	6 °C	19*10 <sup>-3</sup>	IN	58*10 <sup>-3</sup>	3*10 <sup>-3</sup>	35*10 <sup>-3</sup>	AU
T5	6 °C	11*10 <sup>-3</sup>	7*10 <sup>-3</sup>	26*10 <sup>-3</sup>	1*10 <sup>-3</sup>	1*10 <sup>-3</sup>	3*10 <sup>-3</sup>
T7	6 °C	36*10 <sup>-3</sup>	5*10 <sup>-3</sup>	62*10 <sup>-3</sup>	13*10 <sup>-3</sup>	1*10 <sup>-3</sup>	13*10 <sup>-3</sup>
T8	6 °C	1080*10 <sup>-3</sup>	34*10 <sup>-3</sup>	3*10 <sup>-3</sup>	700*10 <sup>-3</sup>	17*10 <sup>-3</sup>	AU
		1ddc	7ddc	21ddc	1ddc	7ddc	21ddc
T2	0 °C	14*10 <sup>-3</sup>	9*10 <sup>-3</sup>	5*10 <sup>-3</sup>	AU	3*10 <sup>-3</sup>	3*10 <sup>-3</sup>
T4	0 °C	19*10 <sup>-3</sup>	580*10 <sup>-3</sup>	700*10 <sup>-3</sup>	3*10 <sup>-3</sup>	32*10 <sup>-3</sup>	440*10 <sup>-3</sup>
T5	0 °C	11*10 <sup>-3</sup>	17*10 <sup>-3</sup>	6*10 <sup>-3</sup>	1*10 <sup>-3</sup>	6*10 <sup>-3</sup>	2*10 <sup>-3</sup>
T7	0 °C	36*10 <sup>-3</sup>	540*10 <sup>-3</sup>	14*10 <sup>-3</sup>	13*10 <sup>-3</sup>	34*10 <sup>-3</sup>	7*10 <sup>-3</sup>
T8	0 °C	1080*10 <sup>-3</sup>	18*10 <sup>-3</sup>	25*10 <sup>-3</sup>	700*10 <sup>-3</sup>	5*10 <sup>-3</sup>	10*10 <sup>-3</sup>

AM = Ambiente., IN = Incontable, AU= Ausencia

ddc = días después de la cosecha

Realizado por: Román M., 2022.

El alimento que es adecuado para el hombre también lo es para los microorganismos, muchos de éstos destruyen la palatabilidad y lo atractivo de los alimentos e inclusive algunos de ellos son peligrosos para la salud. Sin embargo, algunos microorganismos son empleados en la manufactura de quesos, vinos y cervezas (Nuffield, 1974, p.44)

La elaboración y conservación de alimentos con adecuada calidad es un requerimiento imprescindible para satisfacer las exigencias de los consumidores. Una de las principales causas de disminución de la calidad y seguridad de los alimentos es el desarrollo de microorganismos alteradores (Ávila G. T. y Fonseca M. M., 2008, p.87).

Según Ancasi et al. (2006, pp.93-96), los jugos de frutas usados en la preparación de bebidas no alcohólicas son ácidos, presentando generalmente un pH entre 3 a 4 y un contenido de azúcares de hasta los 15°Brix. La micro biota que es más probable encontrar en estas condiciones está constituida por mohos y levaduras porque los hongos que causan deterioro en estos productos toleran una alta presión osmótica y un pH relativamente bajo.

#### **4.5. Rendimiento**

El análisis de varianza para el rendimiento (Tabla 29-4), detectó diferencia altamente significativa para los tratamientos, para las comparaciones ortogonales se encontró diferencia altamente significativa entre; T2, T3, T4, T5, T6, T7 contra T1, T8 y entre T2, T3, contra T1, T8, en cambio se encontró una diferencia significativa entre; T3, T4, T5 contra T6 y para las demás comparaciones ortogonales no se encontraron diferencia significativa.

El promedio general de la investigación en condiciones de campo fue de 19,15 t ha<sup>-1</sup> con un coeficiente de variación de 9,31%, que es mejor que la investigación realizada por Gaspar (2021, p.30) con 16,5% y estudios de Noé (2021, p.33) con un valor de 12,18%.

**Tabla 29-4:** Análisis de la variancia para el rendimiento (t ha<sup>-1</sup>)

Fuentes de Variación	GL	90 ddt		
		CM	p-Valor	SIG
<b>Bloques</b>	3	5,77	0,1097	ns
<b>Tratamientos</b>	7	89,36	<0,0001	**
<b>T2, T3, T4, T5, T6, T7 vs T1, T8.</b>	1	228,60	<0,0001	**
<b>T3, T4, T5 vs T1, T7.</b>	1	1,54	0,4448	ns
<b>T3, T4, T5 vs T6.</b>	1	24,07	0,0057	**
<b>T2, T3, vs T1, T8.</b>	1	82,95	<0,0001	**
<b>T2, T3 vs T6.</b>	1	1,19	0,5013	ns
<b>T1 vs T5.</b>	1	13,01	0,0343	*
<b>T5 vs T7.</b>	1	77,39	<0,0001	**
<b>Error</b>	21		2,54	
<b>Total</b>	31			
<b>CV (%)</b>			7,94	
<b>Promedios (cm)</b>			20,05	

P-valor > 0,05 y > 0,01 ns: no significativo; P-valor < 0,05 y > 0,01 \*: Diferencia significativa.

P-valor < 0,05 y < 0,01 \*\*: Diferencia altamente significativa, ddt = días después del trasplante.

**Realizado por:** Román M., 2022.

La prueba de Tukey al 5% para el rendimiento (Tabla 30-4), encontró cuatro rangos de significancia para los tratamientos, con la mejor respuesta obtenida con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) con 24,17 t ha<sup>-1</sup>, mientras la respuesta más baja se logró con la aplicación de 0 kg ha<sup>-1</sup> de fertilización (T8) con 9,23 t ha<sup>-1</sup> a los 90 ddt.

**Tabla 30-4:** Prueba de Tukey al 5 % para el rendimiento (t ha<sup>-1</sup>)

Tratamientos	Rendimiento ( t ha <sup>-1</sup> ).	
	90 ddt	
<b>T1</b>	21,62	abc
<b>T2</b>	20,04	bc
<b>T3</b>	19,91	c
<b>T4</b>	22,34	abc
<b>T5</b>	24,17	a
<b>T6</b>	19,31	c
<b>T7</b>	23,80	ab
<b>T8</b>	9,23	d

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0.05); ddt = días después del trasplante.

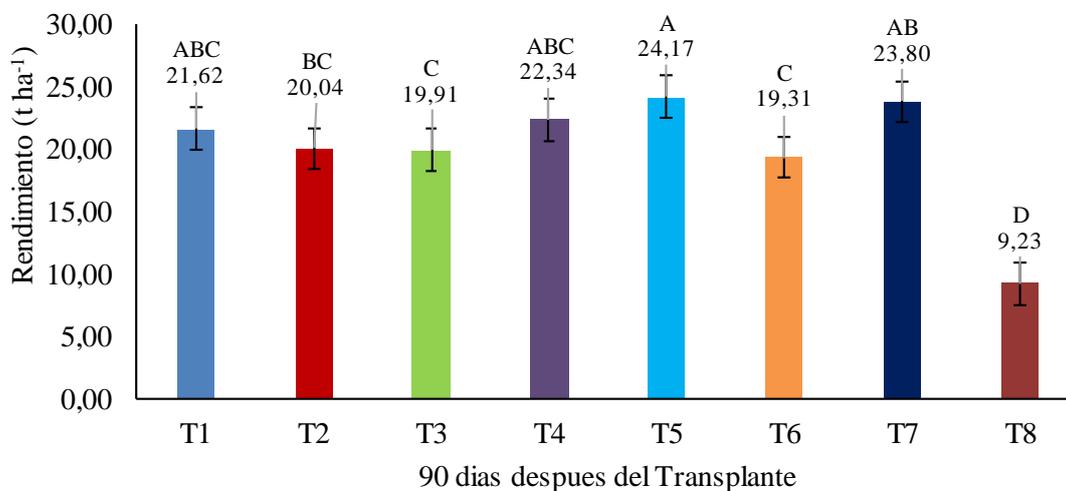
Si bien está involucrado en muchos procesos fisiológicos, el impacto del K en las relaciones planta-agua, la fotosíntesis, el transporte de asimilados y la activación de enzimas puede tener consecuencias directas en la productividad de los cultivos.

Al comparar con investigaciones similares, podemos indicar que los resultados obtenidos son superiores a los encontrados por Darío (2013, p.45) quien presenta un rendimiento de 16,04 t ha<sup>-1</sup>.

Los resultados obtenidos por Valverde (2010, p.87) presentan un incremento del rendimiento con 4,61 t ha<sup>-1</sup>, igual que Noé (2021, p.32) quien reporta un rendimiento entre 9,57 y 11,48 t ha<sup>-1</sup>. aplicado por Fertimar.

Estudios por Vargas (2019, p.54) al evaluar distintos abonos orgánicos, como gallinaza, biol, extractos de algas marinas Algaenzims con una dosis: 0,5 L ha<sup>-1</sup>, purín, aplicados al cultivo de brócoli, obtuvo un rendimiento entre 5,61 y 4,36 t ha<sup>-1</sup>. Catota (2020, p55) reporto un rendimiento de 23,15 t ha<sup>-1</sup> aplicando abono orgánico gallinaza.

El motivo de estimar que el rendimiento del tratamiento con fertilizante químico no tiene efecto significativo en cuanto a la producción, a la vez se pretende verificar la producción de brócoli con fertilizante y compararla con el cultivo nacional según PROECUADOR (2017, p.76) con 19,2 t ha<sup>-1</sup>, se ha comprobado que este test proporciona información importante sobre la producción ecológica de brócoli.



**Ilustración 20-4:** Efecto de los tratamientos sobre el Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>), por 10 pellas de la parcela neta

Realizado por: Román M., 2022.

#### 4.6. Análisis económicos

La mejor respuesta se observó con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) con una relación beneficio/costo de USD 2,98, es decir que por cada dólar invertido se recuperó el mismo dólar y se obtuvo una ganancia de USD 1,98. Con menor respuesta se observó la aplicación de 0 kg ha<sup>-1</sup> de Fertilización (T8) con una relación beneficio/costo de USD 2,38 con una ganancia de USD 1,38 la cual se asocia con la fertilización realizada anteriormente en el suelo (Tabla 31-3)

**Tabla 31-4:** Análisis económico por tratamiento en el cultivo de brócoli

Tra.	DESCRIPCIÓN	Beneficio/ Costo	Rentabilidad (%)
T1	0 kg ha <sup>-1</sup> K <sub>2</sub> O	2,89	188,70%
T2	310 kg ha <sup>-1</sup> KNO <sub>3</sub> , 309 kg ha <sup>-1</sup> KSO <sub>4</sub>	2,40	139,70%
T3	150 kg ha <sup>-1</sup> Polysulphate	2,61	160,65%
T4	300 kg ha <sup>-1</sup> Polysulphate	2,82	181,98%
T5	450 kg ha <sup>-1</sup> Polysulphate	2,98	197,97%
T6	300 kg ha <sup>-1</sup> KNO <sub>3</sub> , 309 kg ha <sup>-1</sup> KSO <sub>4</sub>	2,44	144,02%
T7	Testigo agricultor( sin fuentes de P)	2,62	161,74%
T8	Testigo absoluto ( Sin fertilización)	1,38	38,02%

Realizado por: Román M., 2022.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

El mejor rendimiento con 24,17 t ha<sup>-1</sup>, el mayor diámetro ecuatorial de pella con 19,17 cm, una mejor dureza óptima para la exportación con 1,68 kgf cm<sup>-2</sup>, y el mayor peso de pella con 497,50 g planta<sup>-1</sup> se obtuvo con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5).

Con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5) influyó de manera positiva en la extracción de macronutrientes obteniendo una mayor cantidad a los 90 ddt, con un acumulado de 307,97 kg ha<sup>-1</sup> de N; 42,68 kg ha<sup>-1</sup> de P; 329,12 kg ha<sup>-1</sup> de K, la planta durante estos días alcanza un máximo desarrollo vegetativo.

La principal relación beneficio/costo se obtuvo con la aplicación de 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate (T5), generó una mayor rentabilidad 197,97% lo que da a entender que por cada dólar invertido se tendrá una ganancia de 1,97 dólares, mientras que la aplicación de 0 kg ha<sup>-1</sup> de fertilización (T8) produjo menor rentabilidad con 38,02% lo cual se traduce en una ganancia de 0,38 dólares por cada dólar invertido.

## **5.2. Recomendaciones**

Para obtener una mayor producción y la mejor relación beneficio/costo aplicar 450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate

Realizar nuevos ensayos utilizando el tratamiento T5 (450 kg ha<sup>-1</sup> de Polysulphate) en otras variedades de importancia económica.

Realizar ensayos en diferentes pisos climáticos

## BIBLIOGRAFÍA

**AGUILAR, P.** “Modelo tecnológico para el cultivo de brócoli en el departamento de Antioquia Brassica oleracea L. var. Itálica [en línea], 2016, (Colombia) 23(1), pp. 32-54. [Consulta: 22 julio 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/German-Franco/publication/322780820\\_Modelo\\_tecnologico\\_para\\_el\\_cultivo\\_de\\_brocoli\\_en\\_el\\_departamento\\_de\\_Antioquia\\_Brassica\\_oleracea\\_L\\_var\\_Italica/links/5bb62c38299bf1049b6f5728/Modelo-tecnologico-para-el-cultivo-de-brocoli-en-el-departamento-de-Antioquia-Brassica-oleracea-L-var-Italica.pdf](https://www.researchgate.net/profile/German-Franco/publication/322780820_Modelo_tecnologico_para_el_cultivo_de_brocoli_en_el_departamento_de_Antioquia_Brassica_oleracea_L_var_Italica/links/5bb62c38299bf1049b6f5728/Modelo-tecnologico-para-el-cultivo-de-brocoli-en-el-departamento-de-Antioquia-Brassica-oleracea-L-var-Italica.pdf)

**AKIRA F, C. & BERBERT R.** “Evaluation of acerola juice additions to pineapple juice for a high vitamin C blend”. Revista Brasileira de Fruticultura [en línea], 2002, (Brasil), 24(1), pp. 138-141. [Consulta: 20 julio 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/tWCyjL8DthcsWVpQqf8JYbG/abstract/?lang=en#>

**ALCÁNTAR, G, & TREJO L.** “Nutrición de Cultivos el suelo como medio natural en la nutrición de los cultivos”. Ed. Mundi-Prensa [en línea], 2007, (México), 28(4), pp. 94-157. [Consulta: 25 enero 2022]. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802011000300004](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802011000300004)

**ALFÉREZ, F; AGUSTI, L; & ZACARÍAS, L.”** El manchado de la cáscara Postcosecha en naranjas Navel se ve agravado por los cambios en la humedad relativa de almacenamiento: efecto sobre la respiración, la producción de etileno y el potencial hídrico. Biología y tecnología poscosecha [en línea], 2003, (México) 28(1), pp, 143–15. [Consulta: 16 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521402001205>

**ANCASI, E; CARRILLO, L; & BENÍTEZ, M.** “Mohos y levaduras en agua envasada y bebidas sin alcohol [en línea], 2006, (Argentina), 38 (6), pp. 93-96. [Consulta: 10 diciembre 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-75412006000200011&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-75412006000200011&script=sci_abstract&tlng=en)

**ATHO, G.** “Inter Empresas”. [ en línea], 2004, (Ecuador), 12(5), p. 54. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/74025-Sulfato-de-Potasio-el-fertilizante-de-confianza.html>

**ÁVILA, G; & FONSECA, M.** “Calidad microbiológica de jugos preparados en hogares de bienestar familiar en la zona norte de cundinamarca”. (Microbiólogo Industrial B.Sc. Thesis), Pontificia Universidad Javeriana, [en línea], 2008, Bogotá-Colombia, 1(5), pp. 154-167. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8643>

**BADUI, Salvador.** “Química de alimentos” [en línea]. 2008, 4(4), p.87. [Consulta: 13 noviembre 2021]. Disponible en: [https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3608/1/Quimica\\_de\\_los\\_alimentos.pdf](https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3608/1/Quimica_de_los_alimentos.pdf)

**BERTSCH, Floria.** “Absorción de nutrientes por los cultivos” [en línea]. 2003, (Costa Rica) 43(6), p. 307. [Consulta: 3 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v30n2/2215-3608-am-30-02-00407.pdf>

**BERTSCH, F.** “Las Curvas de Absorción de Nutrientes 5<sup>to</sup> Congreso Internacional de Nutrición y Fisiología Vegetal Aplicadas, Intagri” [en línea], 2016. (México) 6(1). pp. 65-98. [Consulta: 9 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-curvas-de-absorcion-de-nutrientes>

**BLOODNICK, E.** “Rol del potasio en el cultivo de plantas” [en línea], 2017. (Ecuador) 4(5), p.78. [Consulta: 09 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-delpotasio-en-el-cultivo-de-plantas>

**BORRMANN, J.** “Composición química de aerosoles de invierno y reparto de fuentes de la fracción orgánica en el área metropolitana de París” Atmos. química Phys [en línea], 2013 (USA) 13(1), pp. 961–981. [Consulta: 23 junio 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.5194/acp-13-961-2013>, 2013.

**CAKMAK, I.** “El Rol del Potasio en el Crecimiento Vegetal y la Tolerancia al Estrés” [en línea], 2017, (México) 7(2). [Consulta: 15 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59898/Tesis%20Claudia%20Helena%20Ramirez%20Soler%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**CALVÍNO, V. et al.** “Efemérides: Bicentenario del descubrimiento del potasio”. Revista [en línea], 2007, (México) 10(10), pp. 105-108. [Consulta: 16 julio 2021]. Disponible en: [http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:revista100cias-2007-numero10-5130/Bicentenario\\_potasio.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:revista100cias-2007-numero10-5130/Bicentenario_potasio.pdf)

**CARRILLO, F.; & ALEX, I.** “Desarrollar la producción agroindustrial mediante un estudio de factibilidad para la implementación de un centro de acopio para la comercialización de brócoli congelado en la parroquia de sangolqui cantón rumiñahui provincia de pichincha 2015”. Tesis de licenciatura [en línea], 2015, Quito-Ecuador, 1(1), pp. 54-63. [Consulta: 2 julio 2021]. Disponible en: <https://1library.co/document/y8g5wvrz-desarrollar-produccion-agroindustrial-factibilidad-implementacion-comercializacion-parroquia-ruminahui.html>

**CARTAGENA, Yamil.** “Respuesta a la fertilización química con dos épocas de aplicación en Brócoli (*Brassica oleracea*) híbrido Legacy”. Tesis Ing. Agr [ en línea]. 1998, Machachi – Pichincha, 1(1), pp. 4 – 70. [Consulta: 2 julio 2021]. Disponible en: [http://www.dspace.uce.edu.ec/browse?type=author&sort\\_by=1&order=ASC&rpp=20&etal=-1&value=Cartagena+Ayala%2C+Yamil&starts\\_with=+Cartagena+Ayala%2C+Yamil](http://www.dspace.uce.edu.ec/browse?type=author&sort_by=1&order=ASC&rpp=20&etal=-1&value=Cartagena+Ayala%2C+Yamil&starts_with=+Cartagena+Ayala%2C+Yamil)

**CÁSARES, E.** “Producción de hortalizas”, Revista [ en línea], 2014, (San José) 3(2), p 387. [Consulta: 5 agosto 2021]. Disponible en: <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/2642>

**CASTILLO, P.; & MIRANDA, L.** “Cinética de la degradación de la vitamina C en el jugo concentrado y congelado de maracuyá (B.Sc. Thesis)” [ en línea], 2000, (Ecuador), pp. 48-49. [Consulta: 26 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/1780>

**CASTILLO, S.** “Cinética de la degradación de la vitamina C en el jugo concentrado y congelado de maracuyá” Ingeniero en Alimentos B.Sc. Thesis [en línea], 2009, (Ecuador). p.76. [Consulta: 18 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/1780>

**CATOTA, Wendy.; & RAMÍREZ Joselyn.** “Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Avenger sakata) con dos abonos” [en línea], 2020, la Maná- Ecuador, p.80. [Consulta: 16 septiembre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6924/1/UTC-PIM-000265.pdf>

**CENDES, E.** “Manual de brócoli. nuevos productos de exportación” [en línea], 2012, (Ecuador) 23(3), p. 122. [Consulta: 17 abril 2022]. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ni8qAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PP117&dq=Manual+de+br%C3%B3coli.+nuevos+productos+de+exportaci%C3%B3n%E2%80%9D&ots=zNxATwLouX&sig=v3KNf55UdNMV65euiz3X3\\_1kzzY#v=onepage&q=Manual%20de%20br%C3%B3coli.%20nuevos%20productos%20de%20exportaci%C3%B3n%E2%80%9D&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ni8qAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PP117&dq=Manual+de+br%C3%B3coli.+nuevos+productos+de+exportaci%C3%B3n%E2%80%9D&ots=zNxATwLouX&sig=v3KNf55UdNMV65euiz3X3_1kzzY#v=onepage&q=Manual%20de%20br%C3%B3coli.%20nuevos%20productos%20de%20exportaci%C3%B3n%E2%80%9D&f=false)

**CIMMYT, C.** “Protocolos para realizar mediciones de plantas en las plataformas de investigación. CIMMYT” [en línea], 2017, (Ecuador) 23(3), p. 12. [Consulta: 1 abril 2022]. Disponible en: <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/18900/58838.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**COBA, G.** “Primicias” [en línea], 2020, (Ecuador). [Consulta: 09 junio del 2022]. Disponible en: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/brocoli-espacio-canasta-exportaciones/>

**CONTI, Marta.** “Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo”. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur. INPOFOS* [en línea], 2000. (Ecuador) 8(1), p. 25-37. [Consulta: 30 junio del 2022]. Disponible en: [http://lacs.ipni.net/0/C2645DDD711C34D303257967007D6ED5/\\$FILE/AA%204.pdf](http://lacs.ipni.net/0/C2645DDD711C34D303257967007D6ED5/$FILE/AA%204.pdf)

**COQUE, J.** “Respuesta del cultivo de la coliflor a tres niveles de abonado en la provincia de bolívar” Tesis de Grado. Ingeniero Agrónomo [en línea], 2013, (Ecuador) 1(1), p. 45-57. [Consulta: 30 julio del 2022]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/willburn/respuesta-del-cultivo-de-la-coliflor-brassica-oleracea-a-tres-niveles-de-abonado-en-la-provincia-de-bolivar>.

**CORNFIELD, Jerome.; GORDON, Tavia.; & SMITH, Willis.** “Quantal response curves for experimentally uncontrolled variables” *Bull Inst Stat Inst* [en línea], 1961, (Ecuador) 38(3), p. 97-115. [Consulta: 10 marzo del 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=Rj6eDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=%5BCITAS%5D+Quantal+response+curves+for+experimentally+uncontrolled+variables&ots=MDBUBcYVUp&sig=SaXOIsUB6uGA88pBWOVijjRihil#v=onepage&q&f=false>

**CORONADO, Jorge.** “Efecto de ocho combinaciones de dos bioestimulantes orgánicos foliares con cuatro dosis en el cultivo de brócoli” [en línea], 2015, (Ecuador) 8(3), p. 55. [Consulta: 30 marzo del 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/371>

**CORRALES, Paúl.** “Programación de riego para los híbridos domador y avenger de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*)”. Tesis de Licenciatura [ en línea], 2017, (Ecuador) 2(3), p. 51. [ Consulta: 30 enero del 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25106>

**ESCOBAR, Edgar.** “Evaluación de la extracción de n, pyk en el cultivo de Brócoli Var. Avenger”. Tesis de Maestría [ en línea], 2021, (Ecuador), pp. 33-35. [ Consulta: 20 febrero del 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32744>

**ESCUADERO, Alfonso.; GARCÍA, Balbino.; ALONSO, Herminio.** “El ciclo del potasio en dehesas de *Quercus rotundifolia* y *Quercus pyrenaica*”. [ en línea], 1985, (Ecuador) 1(3), p. 34. [ Consulta: 25 enero del 2022]. Disponible en: [https://www.lareferencia.info/vufind/Record/ES\\_9ceba4a70e8c54664c88cbd708636e4a](https://www.lareferencia.info/vufind/Record/ES_9ceba4a70e8c54664c88cbd708636e4a)

**FERNANDES, G.; SANTOS, M.; SILVA, D. et al.** “Chemical and physicochemical characteristics changes during passion fruit juice processing”. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos* [ en línea], 2011, (Ecuador) 31(3), 747-751. [ Consulta: 25 junio del 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/cta/a/8zBT74Ct6mwtWFYnLgMtdDk/abstract/?lang=en>

**FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA (FHIA).** “Respuesta del Cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) a la aplicación de diferentes niveles de Nitrógeno, Fósforo y Potasio Introducción. Intibuca” [ en línea], 2004, (Ecuador) 1(3), p. 37. [ Consulta: 05 junio del 2022]. Disponible en: [http://www.fhia.org.hn/downloads/ht\\_fhia\\_laesperanza\\_pdfs/hd37respuestacultbrocoliaplicnpk.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/ht_fhia_laesperanza_pdfs/hd37respuestacultbrocoliaplicnpk.pdf)

**GANDICA, O.; & PEÑA, H.** “Acumulación de Materia Seca y Balance de Nutrientes en Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Cultivado en Ambiente Protegido Bioagro” [ en línea], 2015. (Ecuador). pp. 109-120. [ Consulta: 02 junio del 2022]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-curvas-de-absorcion-de-nutrientes>

**GASPAR, Ríos.; & AQUILINO, Héctor.** “Rendimiento y calidad de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra en el Valle Chillón” [ en línea], 2021. (Ecuador). pp. 109-120. [ Consulta: 02 junio del 2022]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3717>

**GONZALES, A.** “Resumen de la curva de extracción de nutrientes en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. 100818)”. [ en línea], 2017. (Ecuador - Cotopaxi). p. 54. [ Consulta: 02 junio del 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32744>

**GUY, S.** “El potasio en el suelo experto internacional en nutrición de plantas e irrigación” [ en línea], 2020. (Ecuador - Cotopaxi) 138(12). pp. 124-129. [ Consulta: 02 julio del 2022]. Disponible en: <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/potassium-in-soil/>

**GUZMÁN, M.** “El cultivo de brócoli” *Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Agronómica* [ en línea], 2012. (Ecuador - Ambato) 10(3). pp. 43-49. [ Consulta: 02 diciembre del 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Martha-Gonzalez-17/publication/340362713\\_EFFECT\\_OF\\_THE\\_APPLICATION\\_OF\\_ORGANIC\\_FERTILIZERS\\_IN\\_PRODUCTION\\_OF\\_BROCOLI\\_Brassica\\_oleracea/links/5e84ed7892851c2f52742af3/EFFECT-OF-THE-APPLICATION-OF-ORGANIC-FERTILIZERS-IN-PRODUCTION-OF-BROCOLI-Brassica-oleracea.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Martha-Gonzalez-17/publication/340362713_EFFECT_OF_THE_APPLICATION_OF_ORGANIC_FERTILIZERS_IN_PRODUCTION_OF_BROCOLI_Brassica_oleracea/links/5e84ed7892851c2f52742af3/EFFECT-OF-THE-APPLICATION-OF-ORGANIC-FERTILIZERS-IN-PRODUCTION-OF-BROCOLI-Brassica-oleracea.pdf)

**HARO, M.; & MALDONADO, L.** “Guía Técnica para el cultivo de brócoli en la serranía ecuatoriana” [ en línea], 2019. (Ecuador) 1(3). pp. 8-49. [ Consulta: 22 diciembre del 2021]. Disponible en: <https://dagus.unison.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>

**HERNÁNDEZ, J. & PERDOMO, C.** “Potasio”. [en línea], 2016. (Ecuador) 1(3). pp. 54-59. [Consulta: 31 marzo 2022]. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/cursos/dos/Potasio.pdf>

**HESSAYON, D.** “Manual de horticultura: guía completa para el cultivo y cuidado de hortalizas. Blume”, [en línea], 1988. (México) 1(3). pp. 77 - 79. [Consulta: 31 marzo 2022]. Disponible en: <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UNANI.009336>

**HOPKINS, W. & HUNGER, N.** “Introduction to plant physiology”. *Revista Untad Otates of América* [ en línea], 2009, (USA) 4(12), pp. 134-139. [Consulta: 27 de abril 2022]. Disponible en: [https://quickagro.edifarm.com.ec/pdfs/manual\\_cultivos/BROCOLI%20ORGANICO.pdf](https://quickagro.edifarm.com.ec/pdfs/manual_cultivos/BROCOLI%20ORGANICO.pdf)

**IMAS, P.** “Portal Frutico”. [ en línea], 2020, (Reino Unido), pp. 11-12. [Consulta: 07 de abril 2022]. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/09/07/polisulfato-un-nuevo-fertilizante-multinutriente-s-mgkca/#:~:text=El%20polisulfato%20es%20un%20nuevo.%2C%20magnesio%2C%20potasio%20y%20calcio>

**INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO (INFOFOS).** “Efecto de la fertilización potásica sobre la producción y calidad del Brócoli Valencia plantado en un suelo Rojo”. Revista Georgia and institute of Canada, [ en línea], 2000, (Canada) 31(12), pp. 12-65. [Consulta: 27 de abril 2022]. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/D43957A4CDBED019852579A30079A3CA/\\$FILE/Inf-Agro39.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/D43957A4CDBED019852579A30079A3CA/$FILE/Inf-Agro39.pdf)

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS, (INEC).** “Total. de empresas según provincia. cantón y distrito”. [en línea], 2019, p.35. [Consulta: 03 abril 2022]. Disponible en: <http://www.inec.go.cr/economia/directorio-de-empresas-y-establecimientos>

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA, (INAMHI).** “Anuario Meteorológico”. [en línea], 2022, p.65. [Consulta: 03 abril 2022]. Disponible en: <https://www.bing.com/newtabedir?url=http%3A%2F%2Fwww.inamhi.gob.ec%2F>

**JARAMILLO, J.; & DÍAZ, C.** *El cultivo de las crucíferas: Brócoli, coliflor, repollo, col china.* Corporación colombiana de Investigación Agropecuaria, Centro de Investigación la Selva, Rio negro [en línea], 2006, (Colombia) 2(3), p.54. [Consulta: 03 mayo 2022]. Disponible en: <https://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/rcyta/article/view/1014>

**JUNOVICH, A.; & ALVEAR, I.** “El brócoli ante el TLC. Proyecto SICA, Banco Mundial” [en línea], 2008, (México) 2(3), pp.11-19. [Consulta: 23 mayo 2022]. Disponible en: [http://www.sica.gov/agronegocios/acceso\\_a\\_mercados/tlc\\_sa/tlcbrocoli.pdf](http://www.sica.gov/agronegocios/acceso_a_mercados/tlc_sa/tlcbrocoli.pdf)

**LOZANO, L.; TÁLAMO, A.; ARTINIAN, A.** “Efecto de la distancia de plantación sobre la calidad de la pella y el rendimiento en dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica* Plenck) en el Valle de Lerma (Salta)”. Revista de la Facultad de Agronomía, [en línea], 2019, (México) 118(1), p. 35. [Consulta: 31 mayo 2022]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/95441>

**MAROTO, J.** “Horticultura herbácea especial”. Mundo-Prensa, [en línea], 2013, (España - Madrid) 1(1), pp. 100 - 526. [Consulta: 23 junio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/20570>

**MARTÍNEZ, F.; GARCÉS, G.** “Crecimiento y producción de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. romana) bajo diferentes niveles de potasio”. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, [en línea], 2010, (Colombia) 4(2), pp. 65 - 198. [Consulta: 13 junio 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.17584/rcch.2010v4i2.1239>

**MATTIS, I.** “The role of potash in plants”. [en línea], 2015, (México) 3(1), p. 43. [Consulta: 31 julio 2022]. Disponible en: <https://www.pda.org.uk/the-role-of-potash-in-plants/>

**MENDOZA, G.** “Efecto de bioestimulantes y ácidos húmicos en el rendimiento y calidad del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica cv. Legacy)” Título de pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina, [en línea], 2020, (Perú) 3(2), p. 60. [Consulta: 01 mayo 2022]. Disponible en: <https://library.co/document/zg8mdp7y-fertilizacion-extractos-marinas-rendimiento-brocoli-brassica-oleracea-paraiso.html>

**MENGEL, K.** “Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. E220 (hardback)”. [en línea], 2000, (México) 3(1), p. 78. [Consulta: 1 julio 2022]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00008070>

**MONTES, W.** “Estudio de introducción y adaptación de 26 variedades de coliflor *Brassica oleracea* L. var. *Botrytis*”. Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, [en línea], 2004, Riobamba – Ecuador 3(1), p. 96. [Consulta: 1 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1362>

**MORENO, C.** “Estudio de factibilidad para el establecimiento de una plantación de piña (*Ananas comosus* Var. MD-2) para exportación en Puerto Limón, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas”. Ingeniero en Agro empresas B.Sc. Thesis, Universidad San Francisco de Quito, [en línea], 2008, Quito– Ecuador 1(1), p. 89. [Consulta: 12 agosto 2022]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/725>

**MORENO, R.** “Elementos nutritivos, asimilación, funciones, toxicidad e indisponibilidad en los suelos”. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, [en línea], 2007, Coahuila - México 1(1), p. 176. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=KAqX9kMkCyEC&pg=PA18&dq=#v=onepage&q&f=false>

**NOÉ, M.** “Fertilización foliar con extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Itálica* cv, Paraíso.” Universidad Nacional Autónoma La Molina, [en línea], 2020, (Perú) 1(1), pp. 32 - 33. [Consulta: 22 marzo 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4340>

**NUFFIELD, F.** “Física básica. Barcelona: Reverte “[en línea], 1974, (México) 2(1), p.44. [Consulta: 26 marzo 2022]. Disponible en:

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=mPgUp\\_Ab85QC&oi=fnd&pg=PA1&dq=NUFFIELD,+F.+%E2%80%9CF%C3%ADsica+b%C3%A1sica.+Barcelona:+Reverte+&ots=BU8RpZvc7G&sig=k9zcIYyTc0wotCSMays3weRnpjQ#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=mPgUp_Ab85QC&oi=fnd&pg=PA1&dq=NUFFIELD,+F.+%E2%80%9CF%C3%ADsica+b%C3%A1sica.+Barcelona:+Reverte+&ots=BU8RpZvc7G&sig=k9zcIYyTc0wotCSMays3weRnpjQ#v=onepage&q&f=false)

**OCAMPO, O.; & LOPEZ, O.** “Elaboración y conservación de néctares a partir del lulo variedad La selva”. *Especialización en Ciencias y Tecnología en Alimentos Mg. Thesis*, [en línea], 2000, Medellín - Colombia 2(1), p.64. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7041>

**ORELLANA, H.; SOLÓRZANO, H.; BONILLA, A.; SALAZAR, G.; & VELASTEGUÍ, R.** “Manejo orgánico ecológico del cultivo de brócoli”. [en línea], 2008, (México) 2(1), pp.87 - 111. [Consulta: 27 abril 2022]. Disponible en: QUICKAGRO.

**ORTEGA, B.** “Análisis Coste-Beneficio” s.l. Instituto Econospérides,” [en línea], 2012, (México) 2(1), p.33. [Consulta: 27 abril 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5583839>

**PONCE, M.** “Características Y Uso De Los Fertilizantes “CORPORACIÓN MISTI S.A. [en línea], 2006, (Ecuador) 1(1), pp.65-89. [Consulta: 07 abril 2022]. Disponible en: <https://200.54.96.10/handle/20.500.14001/39429>

**PROECUADOR.** “Análisis Sectorial Brócoli. Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones”. [en línea], 2017, (Ecuador) 1(1), p. 76. [Consulta: 07 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.proecuador.gob.ec/2019/08/31/>

**RAMÍREZ, Y.; HOYOS, W.; RUDAMAS, C.** “Caracterización de tejido cervical canceroso y pre-canceroso mediante espectroscopia de absorción y efectividad”. *Revista Cubana de Física*, [en línea], 2018, (Cuba) 36(2), pp. 106-110.76. [Consulta: 27 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Sulfato-de-potasio-y-magnesio.aspx#:~:text=El%20sulfato%20doble%20de%20potasio.el%20tabaco%20y%20algunos%20frutales>

**RONEN, Eyal.; CHEMICALS, Haifa.** “Nitrato de Potasio Una Solución Posible para los Problemas de Salinidad”. *Informe frutihortícola*, [en línea], 2007, (Cuba) 270(1), pp. 23-210.76. [Consulta: 03 diciembre 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Eyal-Ronen-2/publication/274245170\\_Nitrato-de-Potasio-Multi-K-una-solucion-posible-para-los-](https://www.researchgate.net/profile/Eyal-Ronen-2/publication/274245170_Nitrato-de-Potasio-Multi-K-una-solucion-posible-para-los-)

problemas-de-salinidad/links/55191f1b0cf2f7d80a3e56eb/Nitrato-de-Potasio-Multi-K-una-solucion-posible-para-los-problemas-de-salinidad.pdf

**SAKATA.** “Avenger. Brócoli.” [en línea], 2016, (México) 2(1), pp.54-56. [Consulta: 13 diciembre 2021]. Disponible en: <http://www.sakata.com.mx/es/avenger.html>

**SANAR.** “El brócoli: excelente para la salud”. [en línea], 2016, (México) 5(2), pp.111-114. [Consulta: 13 noviembre 2021]. Disponible en: [https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/diagnosticos/Diagnostico\\_N38.pdf](https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/diagnosticos/Diagnostico_N38.pdf)

**SÁNCHEZ, M.** “Producción de brócoli para el Ecuador”. [en línea], 2019, (México) 10(3), pp.111-114. [Consulta: 23 enero 2022]. Disponible en: [https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/diagnosticos/Diagnostico\\_N38.pdf](https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/diagnosticos/Diagnostico_N38.pdf)

**SANTOYO, J.; & MARTÍNEZ, O.** “Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa. A. C. zona sur”. [en línea], 2010, (México) 5(2), pp.165-198. [Consulta: 17 enero 2022]. Disponible en: <https://www.fps.org.mx/portal/.../35-otros?tecnología-de-producción-de-brócoli>

**SEMINIS.** (2016). “Brócoli Legacy”. [en línea], 2016, (México) 7(1), p.45. [Consulta: 17 enero 2022]. Disponible en: [https://seminisandina.s3.amazonaws.com/app/uploads/2016/08/Brocolilegacy\\_PERU.pdf](https://seminisandina.s3.amazonaws.com/app/uploads/2016/08/Brocolilegacy_PERU.pdf)

**SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA.** “Boletín situacional de brócoli”. [en línea], 2016, (México) 7(1), p.45. [Consulta: 17 marzo 2022]. Disponible en: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2014/cboletin-situacional-brocoli-2014-actualizado.pdf>

**SUQUILANDA, M.** “Producción Orgánica de Coliflor”. Primera Edición, [en línea], 2003, (Ecuador) 1(1), p.15. [Consulta: 07 abril 2022]. Disponible en: [https://scholar.google.es/scholar?cluster=3670809102918871534&hl=es&as\\_sdt=2005&sciodt=0,5](https://scholar.google.es/scholar?cluster=3670809102918871534&hl=es&as_sdt=2005&sciodt=0,5)

**TAIZ, L.; & ZEIGER, E.** “Fisiología vegetal” [en línea], 2006, (USA) 3(1), p.76. [Consulta: 07 abril 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=7QIbYg-OC5AC&pg=PA133#v=onepage&q&f=false>

**TERÁN, G.** “Manual de Horticultura. Creadores Gráficos”. [en línea], 2012, Ibarra-Ecuador 3(1), p.116. [Consulta: 27 marzo 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2037/1/T-UCE-0004-37.pdf>

**THEODORACOPOULOS, M.; & LARDIZÁBAL, L.** “Manual de Producción de Brócoli”. [en línea], 2018, (Ecuador) 5(2), p.76. [Consulta: 27 marzo 2022]. Disponible en: Microsoft Word - USAID\_RED\_Manual\_Produccion\_Brocoli Salva\_Dic07\_final.doc (infoagro.hn).

**TOLEDO, Julio.** “Cultivo del brócoli”. *Instituto Nacional de Investigación Agraria*, [en línea], 2003, Ecuador 1(1), p.65. [Consulta: 30 marzo 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/250082239.pdf>

**UNTAD OTATES DEPARTAMENTO OF AGRICULTURA, (USDA).** “Natural Resources Conservation Service. *Brassica oleracea* L. var. Italica” Planck spotting broccoli, [en línea], 2013, Ecuador 5(2), pp.88-99. [Consulta: 30 marzo 2022]. Disponible en: <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=BROLI>

**VALE, F.; & SILVA, R.** “Evaluación de la polihalita como fertilizante que influye en el rendimiento y la salud del cultivo de la col”. [en línea], 2017, Ecuador 5(2), pp.8-9. [Consulta: 12 julio 2022]. Disponible en: <https://www.polysulphate.com/uploads/Documents/avaliacao-da-polihalita-como-fertilizante-influenciando-a-productividade-e-sanidade-no-cultivo-de-repolho-poster-cbcs2017-pt.pdf>

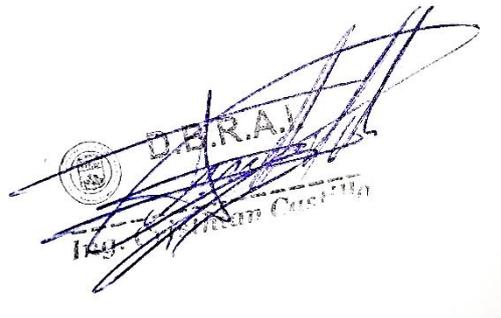
**VARGAS, P.; VARGAS, M.; MOYA, J.** “Efecto de los abonos orgánicos aplicados al suelo y follaje, sobre la fisiología del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*)”. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, [en línea], 2017, (Caribe) 4(2), pp.8-9. [Consulta: 22 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/04/abonos-organicosbrocoli.html>

**VARGAS, Y.** “Evaluación del contenido nutrimental del compost elaborado con tres tipos de mezclas de desechos orgánicos y su efecto en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica Plenck)”. [en línea], 2007, (Ecuador) 1(1), pp.54-58. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/jsui/handle/41000/937>

**VILLALOBOS, Reyes.** “Coeficientes de desarrollo del cultivo de brócoli con riego por goteo”. *Terra Latinoamericana*, [en línea], 2005, (Ecuador) 23(3), pp.54-58. [Consulta: 22 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57311101004.pdf>

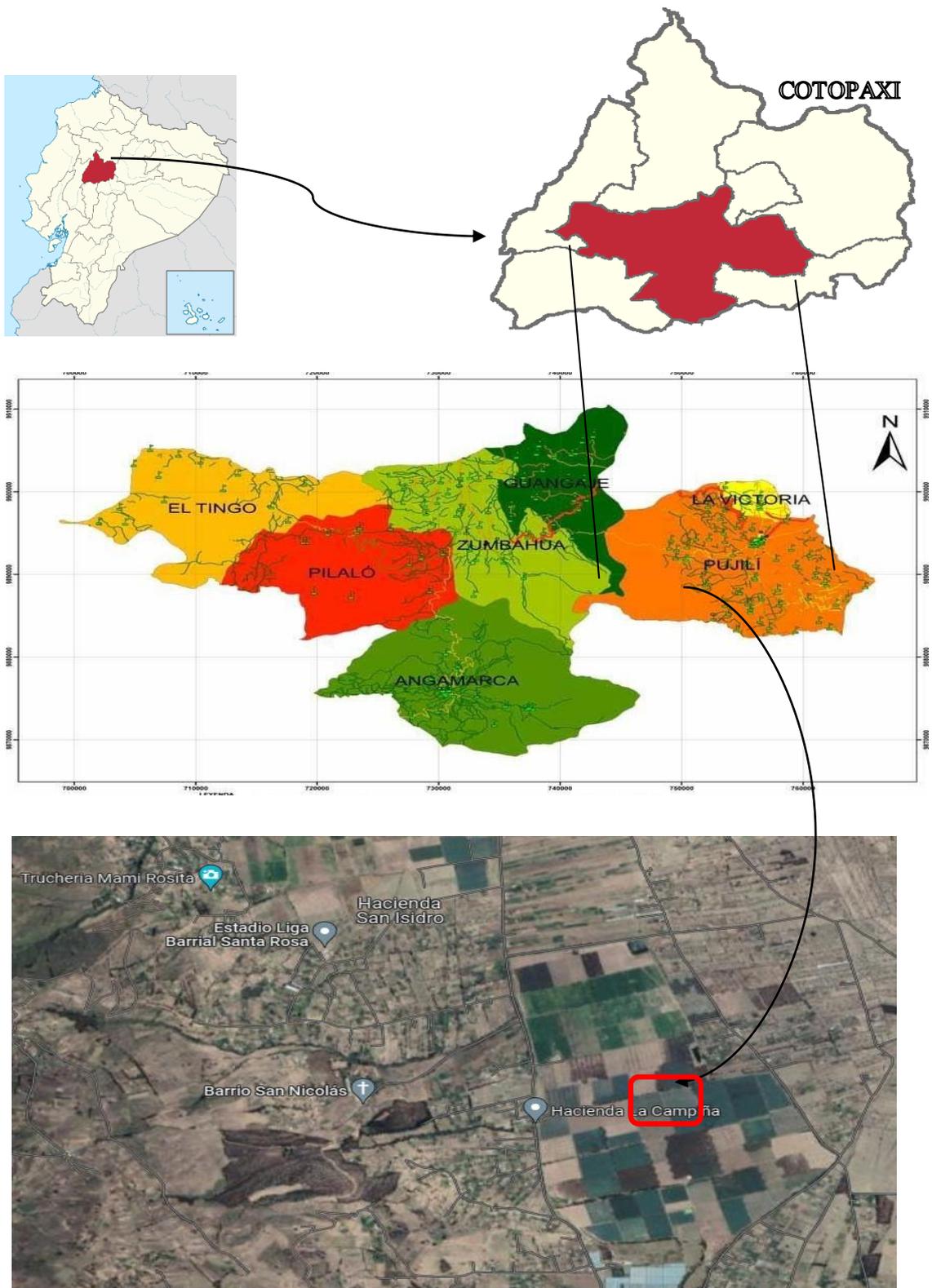
**YERMIYAHU, U.; ZIPORI, I.; FAINGOLD, I.; YUSOPOV, L. FAUST, N.**2017. Polyhalite as a multi nutrient fertilizer – potassium, magnesium, calcium and sulfate. Israel Journal of Plant Sciences, [en línea], 2017, (México) 64(3), pp.145-156. [Consulta: 02 septiembre 2022]. Disponible en: [https://brill.com/view/journals/ijps/64/3-4/article-p145\\_145.xml](https://brill.com/view/journals/ijps/64/3-4/article-p145_145.xml)

**ZAMORA, E.** “El cultivo de Brócoli”. Serie guías-producción de hortalizas. [en línea], 2016, (México) 64(3), pp.44-47. [Consulta: 02 septiembre 2022]. Disponible en: <https://dagus.unison.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>



## ANEXOS

### ANEXO A: UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO EN EL CANTÓN PUJILÍ, PARROQUIA SAN ALFONSO, HACIENDA LA CAMPIÑA



**ANEXO B: DISPOSICIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN EL SITIO EXPERIMENTAL.**

Evaluación de formulaciones potásicas en el cultivo de brócoli híbrido Avenger ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i> ).							
Localidad: Lote 19 - La Campiña - Pujilí - Pujilí - Cotopaxí							
Actividad: Croquis del experimento en campo							
				Fecha:			
I	II	III	IV				
T 1	T 5	T 7	T 3	8m			
T 2	T 6	T 8	T 4				
T 3	T 1	T 6	T 2				
T 4	T 8	T 3	T 5				
T 5	T 7	T 4	T 7	64 m			
T 6	T 2	T 1	T 8				
T 7	T 3	T 5	T 1				
T 8	T 4	T 2	T 6				
28 m							
7 m							
<b>SUPERFICIES</b>							
Parcela Total: 42 m <sup>2</sup> (7 m x 8 m)							
Parcela neta: 16,5 m <sup>2</sup> (5,6 m x 3 m)							
Superficie Total: 1792 m <sup>2</sup> (28 m x 64 m)							
Experimento neto: 806.4 m <sup>2</sup> (32 parcelas de 25.2 m <sup>2</sup> )							



**ANEXO C: ALTURA DE PLANTA EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI.**

Tratamientos	Rep.	Días después del trasplante				
		20	30	55	75	90
		cm planta <sup>-1</sup>				
T1	1	9,8	15,8	40,2	49,3	51,7
	2	10,4	16,0	35,8	48,9	43,5
	3	9,6	16,2	40,0	49,0	49,6
	4	9,4	15,3	33,8	47,4	46,8
T2	1	9,7	15,6	35,5	44,4	45,1
	2	10,7	15,8	37,4	45,6	45,0
	3	9,5	15,6	36,3	47,2	45,4
	4	10,8	16,5	38,8	49,8	47,9
T3	1	9,5	17,3	40,7	49,8	46,9
	2	10,1	17,1	39,6	48,3	50,8
	3	9,9	17,7	41,4	48,7	48,2
	4	8,8	17,3	39,3	50,9	47,8
T4	1	10,8	17,5	41,1	48,0	51,3
	2	10,4	17,3	42,4	51,5	48,6
	3	9,2	17,9	43,2	51,3	45,9
	4	10,5	18,5	44,0	51,9	54,9
T5	1	9,6	18,6	45,0	52,3	44,7
	2	10,3	18,7	44,6	52,5	47,5
	3	9,7	18,5	46,5	54,4	55,6
	4	10,3	16,2	33,7	44,6	34,5
T6	1	10,1	16,5	38,9	44,4	46,0
	2	9,6	16,0	36,2	43,1	45,2
	3	10,4	16,6	39,3	46,8	48,1
	4	9,7	17,6	41,2	51,7	51,0
T7	1	10,3	17,7	41,2	53,2	45,0
	2	9,7	17,5	45,4	51,5	49,3
	3	10,0	17,5	43,4	49,5	48,7
	4	10,2	13,0	22,6	34,7	36,6
T8	1	10,4	14,7	26,7	30,0	24,6
	2	10,0	14,1	21,9	29,9	26,4
	3	9,1	14,8	22,1	33,3	31,6
	4	9,8	15,8	40,2	49,3	51,7

**ANEXO D: PESO SECO DE LA BIOMASA TOTAL EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI.**

Tratamientos	Rep.	Días después del trasplante					
		20	35	55	75	90	P90
		g planta <sup>-1</sup>					
T1	1	0,94	5,3	29,2	83,4	139,5	47,6
	2	0,88	5,8	30,7	61,9	126,1	48,7
	3	1,21	5,9	31,8	70,5	144,3	46,6
	4	1,08	7,2	29,1	77,6	128,9	52,2
T2	1	0,89	6,4	29,9	54,7	127,4	39,9
	2	1,24	6,0	32,5	74,3	118,8	47,1
	3	1,18	5,6	32,4	76,5	127,1	44,3
	4	1,02	6,5	31,3	60,5	124,4	45,2
T3	1	0,90	5,9	32,6	68,5	151,0	51,0
	2	1,30	6,8	39,5	80,5	134,7	44,2
	3	1,16	5,6	30,9	81,9	139,4	43,7
	4	1,33	6,3	37,1	76,6	125,6	49,1
T4	1	0,77	5,7	34,6	76,5	154,3	50,5
	2	1,16	8,5	37,4	72,1	144,7	42,8
	3	1,05	5,2	31,4	79,3	150,4	48,8
	4	0,98	6,4	40,0	87,2	144,4	54,9
T5	1	0,72	5,6	34,6	81,6	153,9	56,0
	2	1,18	7,0	31,3	90,3	164,0	59,5
	3	1,16	6,9	37,9	88,7	148,5	52,5
	4	1,00	6,6	40,3	78,1	151,1	52,6
T6	1	0,96	6,8	33,0	69,8	116,8	41,4
	2	1,17	5,7	37,6	64,0	114,7	43,9
	3	1,11	6,1	31,8	62,5	107,8	36,0
	4	1,05	4,8	29,2	71,5	140,6	54,3
T7	1	0,90	5,6	28,7	67,7	144,5	48,0
	2	1,03	4,8	27,1	72,1	144,4	56,6
	3	1,15	4,1	29,4	67,3	151,0	54,2
	4	0,89	6,2	34,1	85,2	138,9	53,4
T8	1	0,79	2,3	8,9	43,9	97,8	29,3
	2	0,92	4,2	30,7	46,4	80,2	18,7
	3	0,88	3,8	26,2	35,0	80,2	22,6
	4	1,05	4,3	22,6	39,7	75,3	24,4

**ANEXO E: CALIDAD DE LA PELLA EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI**

Tratamientos	Rep.	COSECHA			
		DTP	DUP	DP	PP
		cm planta <sup>-1</sup>	kgf cm <sup>-2</sup>	cm planta <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>
T1	1	3,3	1,3	16,2	430,0
	2	3,5	1,3	16,1	440,0
	3	3,3	1,6	17,9	460,0
	4	3,5	1,3	17,7	450,0
T2	1	2,8	1,2	14,0	360,0
	2	3,4	1,5	16,8	430,0
	3	3,5	1,5	19,4	410,0
	4	3,5	1,1	17,2	450,0
T3	1	3,5	1,4	14,9	440,0
	2	3,7	1,6	18,9	390,0
	3	3,5	1,7	18,1	400,0
	4	3,7	1,5	18,2	420,0
T4	1	3,6	1,6	17,1	490,0
	2	3,8	1,8	21,0	430,0
	3	3,7	1,3	16,3	440,0
	4	3,6	1,6	16,8	480,0
T5	1	3,7	1,6	18,3	500,0
	2	3,6	1,7	18,4	530,0
	3	3,7	1,5	20,5	460,0
	4	3,7	2,0	19,5	500,0
T6	1	3,4	1,3	17,1	380,0
	2	3,7	1,3	16,6	420,0
	3	3,6	1,4	16,3	320,0
	4	3,4	1,2	15,9	470,0
T7	1	3,6	1,6	17,1	480,0
	2	3,6	1,5	18,9	530,0
	3	3,3	1,5	17,9	460,0
	4	3,9	2,2	18,8	490,0
T8	1	2,5	1,3	10,7	230,0
	2	3,6	1,6	19,9	150,0
	3	3,1	1,6	12,9	180,0
	4	2,8	1,5	12,0	200,0

DTP= Diámetro del tallo de la pella, DUP= Dureza de la pella, DP= Diámetro de la pella, PP= Peso de la pella.

**ANEXO F: EXTRACCIÓN TOTAL DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI**

Tratamientos	Rep.	Días después del trasplante					
		20	35	55	75	90	P90
		g planta <sup>-1</sup>					
T1	1	2,38	14,15	68,43	182,11	306,04	141,98
	2	2,27	14,86	71,78	138,38	264,73	127,36
	3	3,39	16,06	75,11	135,88	246,60	107,67
	4	2,98	18,36	57,08	149,43	253,82	129,63
T2	1	2,22	17,45	67,38	110,57	217,42	90,76
	2	3,48	15,59	76,27	161,74	232,36	122,48
	3	3,17	14,94	75,96	168,32	237,01	107,05
	4	2,79	17,53	70,88	115,91	234,40	111,86
T3	1	2,35	15,85	76,74	138,14	283,86	124,66
	2	3,62	18,62	92,65	175,34	250,31	106,80
	3	3,17	14,37	73,21	174,44	277,49	119,45
	4	3,65	16,25	86,86	166,94	263,42	136,82
T4	1	1,99	15,21	67,35	172,98	278,81	118,31
	2	2,86	21,66	86,87	150,42	273,22	118,06
	3	2,84	13,13	62,03	169,24	297,43	134,09
	4	2,70	17,17	94,45	171,07	272,72	130,23
T5	1	1,85	14,43	69,27	179,50	327,32	173,56
	2	3,24	18,86	73,21	196,33	320,86	157,43
	3	3,00	18,25	86,51	188,55	280,11	137,81
	4	2,74	17,17	94,79	153,27	307,91	154,76
T6	1	2,62	18,67	77,56	154,58	218,65	101,31
	2	3,13	14,28	87,99	140,64	234,02	123,77
	3	2,99	16,35	74,49	122,78	202,82	91,86
	4	2,89	12,49	67,12	138,17	274,51	134,93
T7	1	2,36	14,84	66,48	130,21	278,32	128,68
	2	2,77	12,36	60,88	141,17	282,53	146,10
	3	3,11	10,49	65,09	148,12	306,50	154,27
	4	2,36	16,31	72,74	189,47	260,61	131,45
T8	1	2,03	4,88	18,21	85,80	156,47	59,15
	2	2,47	9,90	57,94	85,56	136,29	50,04
	3	2,33	9,39	45,23	67,09	137,13	56,47
	4	2,79	10,55	48,44	76,79	128,11	50,05

**ANEXO G. EXTRACCIÓN TOTAL DE FÓSFORO EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI**

Tratamientos	Rep.	Días después del trasplante					
		20	35	55	75	90	P90
		g planta <sup>-1</sup>					
T1	1	0,24	1,61	7,55	24,70	37,19	19,89
	2	0,24	1,99	7,05	14,48	33,99	17,99
	3	0,34	1,61	8,56	16,55	32,06	16,51
	4	0,35	2,08	7,65	18,11	39,83	23,09
T2	1	0,24	2,16	8,20	12,90	30,20	15,51
	2	0,42	1,74	9,16	20,81	31,72	16,94
	3	0,31	1,73	8,94	20,37	31,32	16,77
	4	0,34	2,17	8,91	16,75	37,22	19,78
T3	1	0,27	1,97	9,07	15,85	39,16	21,07
	2	0,41	2,28	9,89	18,94	33,45	17,19
	3	0,40	1,58	7,67	23,65	36,03	19,31
	4	0,42	1,94	9,11	17,80	41,05	23,36
T4	1	0,24	1,87	8,85	15,81	43,77	20,37
	2	0,42	2,76	10,49	22,88	36,27	17,25
	3	0,31	1,46	9,14	22,28	38,09	20,85
	4	0,31	1,90	12,08	24,32	45,35	24,55
T5	1	0,22	1,90	9,67	22,94	48,09	27,20
	2	0,35	2,01	8,50	26,62	43,51	23,11
	3	0,33	1,86	10,90	20,95	36,30	19,91
	4	0,31	2,17	10,98	21,92	43,19	20,94
T6	1	0,31	2,26	9,87	20,40	32,18	16,48
	2	0,38	1,96	11,30	17,81	39,25	23,69
	3	0,34	1,76	7,92	14,35	27,79	12,92
	4	0,36	1,52	6,80	20,06	46,48	26,35
T7	1	0,28	1,93	8,24	18,79	45,72	22,61
	2	0,35	1,59	7,23	18,68	39,16	20,91
	3	0,33	1,03	7,48	15,66	48,75	29,48
	4	0,26	2,08	8,77	21,52	43,92	23,07
T8	1	0,24	0,56	1,94	12,02	24,74	11,26
	2	0,26	1,37	8,30	10,59	21,92	8,08
	3	0,24	0,95	7,70	7,39	21,00	9,89
	4	0,31	1,33	4,86	8,99	23,75	11,71

**ANEXO I: EXTRACCIÓN TOTAL DE POTASIO EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI**

Tratamientos	Rep.	Días después del trasplante					
		20	35	55	75	90	P90
		g planta <sup>-1</sup>					
T1	1	1,53	11,43	69,29	210,49	272,39	85,56
	2	1,40	13,38	62,93	154,05	241,47	87,83
	3	2,32	12,44	73,75	155,29	277,84	89,58
	4	1,94	15,22	58,28	187,61	295,44	119,23
T2	1	1,60	13,55	58,36	137,74	221,46	77,57
	2	2,33	14,51	68,86	175,38	254,27	92,95
	3	2,19	12,22	65,87	163,60	274,38	93,08
	4	1,75	14,58	68,63	160,23	270,13	101,75
T3	1	1,45	11,73	73,50	164,83	316,64	107,06
	2	2,54	15,90	85,27	211,32	280,51	93,48
	3	2,32	11,25	70,33	200,28	269,17	80,41
	4	2,46	14,93	86,02	192,84	262,32	98,92
T4	1	1,42	12,14	73,40	163,84	350,79	114,38
	2	2,36	17,98	84,01	184,03	310,75	88,75
	3	1,79	11,78	74,48	193,38	291,99	92,63
	4	1,83	14,92	89,85	206,32	316,46	120,62
T5	1	1,24	13,01	69,93	199,38	318,41	104,46
	2	2,06	14,46	73,69	218,27	365,28	129,99
	3	2,06	13,52	89,09	211,27	301,69	112,29
	4	1,72	13,01	95,23	189,67	323,89	105,47
T6	1	1,60	16,24	78,02	152,31	257,94	91,26
	2	2,03	13,32	81,05	162,79	246,74	97,52
	3	2,15	14,41	71,08	167,28	224,63	81,73
	4	1,85	10,00	55,56	189,85	309,08	121,75
T7	1	1,62	11,91	60,73	179,50	318,87	102,57
	2	1,98	10,24	63,80	160,41	307,93	115,56
	3	2,21	10,22	61,01	182,34	315,04	116,62
	4	1,69	15,33	69,25	201,38	315,30	121,85
T8	1	1,30	4,45	17,26	105,89	173,93	57,73
	2	1,48	8,95	61,55	123,84	168,57	42,14
	3	1,56	8,28	49,08	76,47	153,59	49,00
	4	1,95	9,38	48,89	80,54	154,63	55,61

**ANEXO J: ANÁLISIS EN BRÓCOLI ALMACENADOS EN DIFERENTES TEMPERATURAS.**

TR.	T	ANÁLISIS EN BRÓCOLI ALMACENADOS											
		°C	AT%				pH			Vitamina C			
		1 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>	4 <sup>1</sup>	6 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>	4 <sup>1</sup>	6 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>	4 <sup>1</sup>	6 <sup>1</sup>
T2	A	0,18	0,31	0,39	0,41	6,43	6,25	6,11	6,05	58,39	56,21	55,00	47,71
T4	A	0,14	0,28	0,32	0,36	6,55	6,26	6,24	6,22	63,68	50,66	45,63	44,23
T5	A	0,15	0,27	0,39	0,47	6,49	6,32	6,25	6,24	74,40	60,29	55,79	49,81
T7	A	0,23	0,28	0,35	0,41	6,43	6,22	6,20	6,19	69,98	66,97	49,22	47,24
T8	A	0,18	0,31	0,41	0,47	6,42	6,21	6,16	6,13	60,92	59,20	56,23	54,20
		1 <sup>1</sup>	7 <sup>1</sup>	14 <sup>1</sup>	21 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	7 <sup>1</sup>	14 <sup>1</sup>	21 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	7 <sup>1</sup>	14 <sup>1</sup>	21 <sup>1</sup>
T2	6	0,18	0,18	0,24	0,27	6,43	6,42	6,41	6,38	58,39	57,58	54,24	53,46
T4	6	0,14	0,19	0,26	0,30	6,55	6,47	6,43	6,42	63,68	54,78	52,22	51,22
T5	6	0,15	0,23	0,31	0,35	6,49	6,41	6,35	6,33	74,40	61,62	62,50	62,00
T7	6	0,21	0,26	0,28	0,30	6,43	6,38	6,34	6,30	69,98	67,03	61,93	58,34
T8	6	0,18	0,21	0,24	0,29	6,42	6,37	6,35	6,32	60,92	57,67	55,48	54,56
		1 <sup>1</sup>	7 <sup>1</sup>	14 <sup>1</sup>	21 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	7 <sup>1</sup>	14 <sup>1</sup>	21 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	7 <sup>1</sup>	14 <sup>1</sup>	21 <sup>1</sup>
T2	0	0,18	0,18	0,20	0,22	6,43	6,43	6,415	6,405	58,39	57,43	56,01	55,50
T4	0	0,14	0,15	0,18	0,20	6,55	6,54	6,53	6,50	63,68	54,76	53,47	52,42
T5	0	0,15	0,19	0,22	0,26	6,49	6,46	6,43	6,42	74,40	69,32	69,30	65,84
T7	0	0,21	0,22	0,23	0,26	6,43	6,42	6,41	6,39	69,98	63,68	62,91	61,49
T8	0	0,18	0,20	0,21	0,21	6,42	6,40	6,39	6,38	60,92	61,06	59,15	58,88

A= Ambiente=Temperatura, 1= días después de la cosecha, TR= tratamientos

**ANEXO K: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN BRÓCOLI ALMACENADOS EN DIFERENTES TEMPERATURAS.**

TR.	Temperatura de almacenamiento (°C)	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN BRÓCOLI ALMACENADOS					
		Aerobios Mesófilos (UFC/g)			Coliformes Totales (UFC/g)		
		1ddc	4ddc	6ddc	1ddc	4ddc	6ddc
T2	AM	14*10 <sup>-3</sup>	30*10 <sup>-3</sup>	35*10 <sup>-3</sup>	AU	AU	2*10 <sup>-3</sup>
T4	AM	19*10 <sup>-3</sup>	30*10 <sup>-3</sup>	IN	2*10 <sup>-3</sup>	10*10 <sup>-3</sup>	1060*10 <sup>-3</sup>
T5	AM	11*10 <sup>-3</sup>	25*10 <sup>-3</sup>	36*10 <sup>-3</sup>	1*10 <sup>-3</sup>	AU	5*10 <sup>-3</sup>
T7	AM	36*10 <sup>-3</sup>	110*10 <sup>-3</sup>	23*10 <sup>-3</sup>	13*10 <sup>-3</sup>	40*10 <sup>-3</sup>	2*10 <sup>-3</sup>
T8	AM	1140*10 <sup>-3</sup>	25*10 <sup>-3</sup>	9*10 <sup>-3</sup>	700*10 <sup>-3</sup>	30*10 <sup>-3</sup>	AU
		1ddc	7ddc	21ddc	1ddc	7ddc	21ddc
T2	6°C	14*10 <sup>-3</sup>	25	5	AU	7*10 <sup>-3</sup>	1*10 <sup>-3</sup>
T4	6°C	19*10 <sup>-3</sup>	IN	58*10 <sup>-3</sup>	3*10 <sup>-3</sup>	35*10 <sup>-3</sup>	AU
T5	6°C	11*10 <sup>-3</sup>	7*10 <sup>-3</sup>	26*10 <sup>-3</sup>	1*10 <sup>-3</sup>	1*10 <sup>-3</sup>	3*10 <sup>-3</sup>
T7	6°C	36*10 <sup>-3</sup>	5*10 <sup>-3</sup>	62*10 <sup>-3</sup>	13*10 <sup>-3</sup>	1*10 <sup>-3</sup>	13*10 <sup>-3</sup>
T8	6°C	1080*10 <sup>-3</sup>	34*10 <sup>-3</sup>	3*10 <sup>-3</sup>	700*10 <sup>-3</sup>	17*10 <sup>-3</sup>	AU
		1ddc	7ddc	21ddc	1ddc	7ddc	21ddc
T2	0°C	14*10 <sup>-3</sup>	9*10 <sup>-3</sup>	5*10 <sup>-3</sup>	AU	3*10 <sup>-3</sup>	3*10 <sup>-3</sup>
T4	0°C	19*10 <sup>-3</sup>	580*10 <sup>-3</sup>	700*10 <sup>-3</sup>	3*10 <sup>-3</sup>	32*10 <sup>-3</sup>	440*10 <sup>-3</sup>
T5	0°C	11*10 <sup>-3</sup>	17*10 <sup>-3</sup>	6*10 <sup>-3</sup>	1*10 <sup>-3</sup>	6*10 <sup>-3</sup>	2*10 <sup>-3</sup>
T7	0°C	36*10 <sup>-3</sup>	540*10 <sup>-3</sup>	14*10 <sup>-3</sup>	13*10 <sup>-3</sup>	34*10 <sup>-3</sup>	7*10 <sup>-3</sup>
T8	0°C	1080*10 <sup>-3</sup>	18*10 <sup>-3</sup>	25*10 <sup>-3</sup>	700*10 <sup>-3</sup>	5*10 <sup>-3</sup>	10*10 <sup>-3</sup>

**ANEXO L: RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI**

Tratamientos	Rep.	COSECHA		
		Rendimiento		
		P PN (t ha <sup>-1</sup> )	P Población (t ha <sup>-1</sup> )	P Muestreo por 10 plantas( t ha <sup>-1</sup> )
T1	1	19,2	21,8	20,9
	2	20,0	20,4	21,4
	3	21,0	21,4	22,3
	4	17,3	19,2	21,9
T2	1	20,0	21,3	17,5
	2	19,0	21,1	20,9
	3	17,5	16,9	19,9
	4	19,2	21,3	21,9
T3	1	21,7	22,6	21,4
	2	20,3	20,7	18,9
	3	19,0	18,6	19,4
	4	20,6	20,4	20,4
T4	1	23,6	21,9	23,8
	2	20,4	22,1	20,9
	3	21,1	22,5	21,4
	4	21,7	24,1	23,3
T5	1	24,6	24,1	24,3
	2	24,7	23,3	25,7
	3	23,0	23,5	22,3
	4	22,7	24,6	24,3
T6	1	16,4	17,4	18,5
	2	18,5	20,0	20,4
	3	18,5	17,8	15,5
	4	17,9	16,6	22,8
T7	1	22,5	22,9	23,3
	2	23,3	24,8	25,7
	3	23,2	24,2	22,3
	4	23,9	25,9	23,8
T8	1	9,5	8,7	11,2
	2	9,0	9,4	7,3
	3	11,0	12,7	8,7
	4	9,7	9,7	9,7

P= Pellas; PN= Parcela Neta

## ANEXO M: ANÁLISIS ECONÓMICO EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI

COSTOS VARIABLES Fases y actividades				Subtotal por tratamientos (\$)								
Insumo, Producto, Material, Equipo o Servicio	Cantidad	Unidas	Costo unitario	FERTILIZACION								
				T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
<b>Preparación del suelo y labores de presembrado</b>												
Análisis de suelo Laboratorio	1	muestra	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Arado	2	hora	20	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Rastrado (2 pases)	2	hora	20	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Surcado	1	hora	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Seguro Agrícola	1		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
<b>TOTAL</b>				<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>
<b>Instalación de experimento:</b>												
Mano de obra aplicación de herbicida 15 das antes	2	jornal	22,5	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Mano de obra 3 h (Riego antes de siembra)	0,05	jornal	22,5	1,125	1,125	1,125	1,125	1,125	1,125	1,125	1,125	1,125
Mano de obra (Fertilización por sitio)	1	jornal	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
Tansplante Mecánico	1	jornal	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
Plantulas( Brócoli)	320	número	0,12	38,4	38,4	38,4	38,4	38,4	38,4	38,4	38,4	38,4
Nitrato de Potasio (13,5% N, 45% K2O)	1	saco 50 kg	33	0	33	33	33	33	33	33	33	0
Polysulphate (14% K2O, 17% CaO, 6% MgO ,19%	1	saco 50 kg	25	0	0	25	25	25	0	0	0	0
Sulfato de Potasio (52% K2O, 18% S),	1	saco 50 kg	40	0	40	40	40	40	40	40	40	0
Sulfato de Magnesio (17% MgO, 14% S),	1	saco 50 kg	30	0	0	0	0	0	30	30	0	0
Nitrato de Calcio (15,5% N, 26% CaO)	1	saco 50 kg	55,64	0	55,64	0	0	0	0	0	55,64	0
Nitrato de Amonio (34% N),	1	saco 50 kg	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	0
Fosfato Di-Amónico (18% N, 46% P2O5),	1	saco 50 kg	55,3	55,3	55,3	55,3	55,3	55,3	55,3	55,3	0	0
Agrocote Emax 44 (44% N),	1	saco 50 kg	50	50	50	50	50	50	50	50	0	0
Sulfato de Zinc (14% S, 22% Zn)	1	saco 50 kg	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0
Sulfato de Manganeso (18% S, 31% Mn),	1	saco 50 kg	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0
<b>TOTAL</b>				<b>336,725</b>	<b>465,365</b>	<b>434,725</b>	<b>434,725</b>	<b>434,725</b>	<b>439,725</b>	<b>390,065</b>	<b>129,525</b>	
<b>Controles fitosanitarios</b>												
Mano de obra control Oidio y Alternaria	2	jornal	22,5	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Metalaxil M - Mancozeb (2 g L-1),	1	litros	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tiabendazole (1 cm3 L-1)	1	kilos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mano de obra control mosca blanca (Aieyrodes perstallus)	2	jornal	22,5	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Acephate (1 g L-1),	1	litros	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Thiamethoxam –	2	litros	23	46	46	46	46	46	46	46	46	46
Lambda Cyhalothrin (0,75 cm3 L-1.)	2	litros	14	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Mano de obra Polilla del brócoli (Plutella xylostella)	2	jornal	22,5	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Lambda Cyhalothrin (0,75 cm3 L-1.)	1	litros	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
<b>TOTAL</b>				<b>270</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>270</b>
<b>Fertilizaciones complementarias</b>												
Mano de obra (1er Fertilización)	4	jornal	22,5	90	90	90	90	90	90	90	90	0
Mano de obra (2da Fertilización)	4	jornal	22,5	90	90	90	90	90	90	90	90	0
Mano de obra (3ra Fertilización)	3	jornal	22,5	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5	0
Mano de obra (4ta Fertilización)	3	jornal	22,5	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5	0
<b>TOTAL</b>				<b>315</b>	<b>315</b>	<b>315</b>	<b>315</b>	<b>315</b>	<b>315</b>	<b>315</b>	<b>315</b>	<b>0</b>
<b>Muestréos destructivos de plantas y procesamiento (MS)</b>												
1er muestreo destructivo	1	jornal	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
2do muestreo destructivo	1	jornal	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
3er muestreo destructivo	1	jornal	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
4to muestreo destructivo	1	jornal	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
5to muestreo destructivo	1	jornal	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
<b>TOTAL</b>				<b>112,5</b>	<b>112,5</b>	<b>112,5</b>	<b>112,5</b>	<b>112,5</b>	<b>112,5</b>	<b>112,5</b>	<b>112,5</b>	<b>112,5</b>
<b>Riegos (Sistema con riego)</b>												
Numero de riegos	64	riegos	2,1	jornal	22,5	47,25	47,25	47,25	47,25	47,25	47,25	47,25
<b>Total Costos Variables (TCV)</b>					<b>1291,48</b>	<b>1420,12</b>	<b>1389,48</b>	<b>1389,48</b>	<b>1389,48</b>	<b>1394,48</b>	<b>1344,82</b>	<b>769,28</b>

**ANEXO N: Continuación ....**

<b>COSTOS FIJOS</b>		<b>TOTAL TRATAMIENTO (\$)</b>							
Nombre	Valor	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
- Administración (% TCV)	2%	42,3	38,1	34,6	39,7	36,8	31,6	36,8	31,6
- Uso del suelo (Precio Unit. \$/ciclo)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100
- Costo de oportunidad del capital (%)	6%	84,7	76,1	69,2	79,4	73,7	63,2	73,7	63,2
- Imprevistos (% TCV)	2%	42,3	38,1	34,6	39,7	36,8	31,6	36,8	31,6
<b>Total Costos Fijos (TCF)</b>		<b>269,3</b>	<b>252,3</b>	<b>238,4</b>	<b>258,8</b>	<b>247,3</b>	<b>226,4</b>	<b>247,3</b>	<b>226,4</b>
Total Costos Variables (TCV)		1291,475	1420,115	1389,475	1389,475	1389,475	1394,475	1344,815	769,275
<b>COSTO TOTAL (CT = CV + CF)</b>									
		<b>1560,775</b>	<b>1672,415</b>	<b>1627,875</b>	<b>1648,275</b>	<b>1636,775</b>	<b>1620,875</b>	<b>1592,115</b>	<b>995,675</b>
<b>ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN, COSTO UNITARIO Y PRECIOS DE VENTA</b>									
		<b>Total producción Pellas (tn<sup>-1</sup>)</b>							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Producción	Precios de venta	21,62	20,04	19,91	22,34	24,17	19,31	23,8	9,23
Categorías	100% \$ tn	4324	4008	3982	4468	4834	3862	4760	1846
pellas	100% 200	4324	4008	3982	4468	4834	3862	4760	1846
<b>ANÁLISIS ECONÓMICO POR TRATAMIENTOS</b>									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
Ingreso Bruto (\$):	4324,00	4008,00	3982,00	4468,00	4834,00	3862,00	4760,00	1846,00	
Costo Total (\$):	1560,78	1672,42	1627,88	1648,28	1636,78	1620,88	1592,12	995,68	
Beneficio / Costo:	2,77	2,40	2,45	2,71	2,95	2,38	2,99	1,85	

# ANEXO Ñ: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO SUELO UTILIZADA EN LA EXPERIMENTACIÓN DE BRÓCOLI

MC-LASPA-2201-01



**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS**  
 Panamericana Sur Km. 1 S/N Cutuglagua.  
 Tlfs. (02) 3007284 / (02)2504240  
 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec



## INFORME DE ENSAYO No: 22-0291

<b>NOMBRE DEL CLIENTE</b>	DMSA. Proyecto Brocoli	<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA</b>	22/04/2022
<b>PETICIONARIO:</b>	Yamil Cartagena	<b>HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b>	10:05
<b>EMPRESA/INSTITUCIÓN</b>	DMSA. Proyecto Brocoli	<b>FECHA DE</b>	25/04/2022
<b>DIRECCIÓN</b>	Panamericana sur km 1 sector Cutuglagua	<b>FECHA DE</b>	29/04/2022
		<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	SUELO 4

Análisis	Ph		N		P		S		B		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Base	MO	CO.	Textura (%)				IDENTIFICACIÓN		
	Unidad		ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural														
22-1077	8,34	Me Al	99	A	106	A	248	A	4,76	A	3,26	A	26,69	A	4,29	A	46,7	A	10,2	A	26	M	7,88	M	6,22	1,31	9,49	34,25	2,5	A			51	30	19	FRANCO	T1M2 R1
22-1078	8,41	Me Al	109	A	88	A	12	A	4,33	A	2,93	A	23,49	A	4,03	A	45,0	A	9,0	A	20	M	3,87	B	5,83	1,38	9,40	30,45	2,5	A			51	30	19	FRANCO-ARENOSO	T1M2 R2
22-1079	8,35	Me Al	91	A	73	A	52	A	4,15	A	2,63	A	23,44	A	3,44	A	32,6	A	9,5	A	18	B	3,15	B	6,80	1,31	10,24	29,51	2,2	A			53	30	17	FRANCO-ARENOSO	T1M2 R3
22-1080	8,69	Al	92	A	85	A	29	A	3,57	A	2,86	A	23,47	A	3,47	A	46,4	A	9,4	A	31	M	3,92	B	6,76	1,21	9,43	29,79	2,4	A			53	30	17	FRANCO-ARENOSO	T1M2 R4
22-1081	8,48	Me Al	99	A	87	A	24	M	3,51	A	2,80	A	25,37	A	3,81	A	38,4	A	9,7	A	34	M	6,82	M	6,66	1,36	10,41	31,99	1,9	M			47	36	17	FRANCO	T2 M2 R1
22-1082	8,57	Al	105	A	80	A	63	A	4,12	A	3,06	A	25,55	A	3,63	A	46,5	A	9,5	A	24	M	5,13	M	7,04	1,19	9,53	32,25	2,1	A			47	36	17	FRANCO-ARENOSO	T2 M2 R2
22-1083	8,68	Al	96	A	60	A	62	A	3,04	A	2,25	A	22,35	A	3,04	A	28,6	A	7,6	A	23	M	4,59	B	7,36	1,35	11,28	27,63	1,8	M			59	28	13	FRANCO-ARENOSO	T2 M2 R3
22-1084	8,61	Al	134	A	77	A	79	A	4,47	A	2,90	A	27,85	A	4,35	A	38,5	A	10,1	A	27	M	3,51	B	6,41	1,50	11,11	35,10	2,7	A			39	38	23	FRANCO	T2 M2 R4
22-1085	8,27	Me Al	108	A	83	A	316	A	5,35	A	3,01	A	25,09	A	4,75	A	36,7	A	9,0	A	48	A	4,11	B	5,28	1,58	9,92	32,85	2,6	A			41	38	21	FRANCO	T3 M2 R1
22-1086	8,65	Al	95	A	65	A	25	A	3,04	A	2,66	A	24,41	A	3,51	A	33,4	A	9,1	A	26	M	3,59	B	6,95	1,32	10,49	30,59	2,1	A			49	34	17	FRANCO	T3 M2 R2
22-1087	8,71	Al	100	A	67	A	83	A	4,18	A	2,77	A	26,16	A	3,36	A	31,2	A	8,6	A	25	M	3,99	B	7,78	1,21	10,64	32,30	2,3	A			39	40	21	FRANCO	T3 M2 R3
22-1088	8,53	Al	110	A	117	A	79	A	4,69	A	3,61	A	26,83	A	3,39	A	46,3	A	10,2	A	25	M	6,11	M	7,91	0,94	8,38	33,83	2,6	A			35	44	21	FRANCO	T3 M2 R4
22-1089	8,52	Al	111	A	84	A	77	A	4,25	A	2,29	A	21,53	A	3,91	A	35,6	A	9,6	A	31	M	3,61	B	5,50	1,71	11,10	27,73	2,4	A			45	36	19	FRANCO	T4 M2 R1



**INFORME DE ENSAYO No: 22-0291**

<b>NOMBRE DEL CLIENTE:</b>	DMSA. Proyecto Brocoli	<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b>	22/04/2022
<b>PETICIONARIO:</b>	Yamil Cartagena	<b>HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b>	10:05
<b>EMPRESA/INSTITUCIÓN:</b>	DMSA. Proyecto Brocoli	<b>FECHA DE ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	25/04/2022
<b>DIRECCIÓN:</b>	Panamericana sur km 1 sector Cutuglagua	<b>FECHA DE ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	29/04/2022
		<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	SUELO 4

22-1090	8,59	AI	100	A	87	A	34	A	2,99	A	2,71	A	23,23	A	3,25	A	39,2	A	9,8	A	62	A	5,06	M	7,15	120	9,79	29,19	19	M	55	28	17	FRANCO-ARENOSO	T4 M2 R2
22-1091	8,52	AI	97	A	65	A	194	A	3,92	A	2,50	A	23,26	A	3,68	A	34,1	A	9,3	A	21	M	3,60	B	6,32	147	10,79	29,44	2,2	A	45	38	17	FRANCO	T4 M2 R3
22-1092	8,42	Me AI	174	A	87	A	117	A	4,06	A	2,92	A	25,29	A	3,70	A	41,8	A	10,3	A	25	M	3,56	B	6,83	127	9,94	31,91	2,7	A	41	38	21	FRANCO	T4 M2 R4
22-1093	8,27	Me AI	105	A	77	A	138	A	3,53	A	3,17	A	23,40	A	3,43	A	41,1	A	9,0	A	31	M	3,68	B	6,83	108	8,46	30,00	2,3	A	47	38	15	FRANCO	T5 M2 R1
22-1094	8,32	Me AI	112	A	98	A	235	A	4,25	A	3,18	A	22,18	A	3,46	A	46,0	A	9,9	A	23	M	5,15	M	6,42	109	8,06	28,82	2,2	A	43	42	15	FRANCO	T5 M2 R2
22-1095	8,54	AI	92	A	62	A	73	A	3,02	A	2,33	A	20,16	A	2,93	A	35,1	A	9,3	A	28	M	3,99	B	6,89	126	9,90	25,42	2,2	A	53	34	13	FRANCO-ARENOSO	T5 M2 R3
22-1096	8,24	Me AI	120	A	79	A	123	A	3,82	A	2,93	A	25,16	A	4,10	A	37,6	A	10,4	A	36	M	3,83	B	6,13	140	10,00	32,19	2,4	A	41	42	17	FRANCO	T5 M2 R4
22-1097	8,17	Me AI	110	A	83	A	114	A	4,36	A	3,18	A	23,49	A	4,17	A	38,3	A	9,9	A	37	M	4,13	B	5,63	131	8,71	30,83	2,5	A	49	34	17	FRANCO	T6 M2 R1
22-1098	8,49	Me AI	110	A	91	A	76	A	3,90	A	3,06	A	23,89	A	3,74	A	46,0	A	10,8	A	27	M	4,21	B	6,39	122	9,03	30,68	2,1	A	47	36	17	FRANCO	T6 M2 R2
22-1099	8,11	Me AI	109	A	66	A	180	A	4,14	A	2,71	A	23,07	A	3,72	A	39,3	A	10,3	A	30	M	7,54	M	6,20	138	9,90	29,50	2,5	A	45	38	17	FRANCO	T6 M2 R3
22-1100	8,24	Me AI	113	A	94	A	35	A	3,20	A	2,95	A	24,75	A	3,22	A	47,5	A	11,1	A	38	M	5,04	M	7,69	109	9,49	30,92	2,2	A	55	30	15	FRANCO-ARENOSO	T6 M2 R4
22-1101	8,47	Me AI	96	A	73	A	50	A	3,82	A	2,57	A	22,74	A	3,73	A	34,1	A	10,2	A	43	A	4,27	B	6,10	145	10,30	29,04	2,3	A	47	38	15	FRANCO	T7 M2 R1
22-1102	8,24	Me AI	118	A	69	A	104	A	3,62	A	2,79	A	22,83	A	3,43	A	40,6	A	9,9	A	22	M	3,38	B	6,66	123	9,43	29,05	2,0	M	49	36	15	FRANCO	T7 M2 R2
22-1103	8,04	Me AI	126	A	87	A	164	A	4,06	A	2,84	A	23,23	A	2,74	A	45,1	A	10,7	A	21	M	4,66	B	8,48	0,97	9,15	28,81	2,2	A	37	44	19	FRANCO	T7 M2 R3
22-1104	8,28	Me AI	135	A	92	A	51	A	3,67	A	2,76	A	25,31	A	3,56	A	45,4	A	11,3	A	37	M	4,89	B	7,11	129	10,45	31,63	2,4	A	41	42	17	FRANCO	T7 M2 R4



**INFORME DE ENSAYO No: 22-0291**

<b>NOMBRE DEL CLIENTE:</b>	DMSA. Proyecto Brocoli	<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b>	22/04/20
<b>EMPRESA/INSTITUCIÓN:</b>	Yamil Cartagena	<b>HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b>	10:
<b>DIRECCIÓN:</b>	DMSA. Proyecto Brocoli	<b>FECHA DE ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	25/04/20
	Panamericana sur km 1 sector Cutuglagua	<b>FECHA DE ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	29/04/20
		<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	SUELC

2-1105	8,25	Me Al	127	A	80	A	21	A	3,05	A	2,39	A	21,76	A	3,02	A	38,9	A	10,0	A	49	A	4,95	B	7,20	1,26	10,35	27,17	2,2	A	49	34	17	FRANCO	T8 M2 R1
2-1106	7,86	LAI	145	A	82	A	29	A	4,05	A	2,74	A	24,01	A	3,86	A	46,0	A	11,4	A	39	M	5,76	M	6,23	1,41	10,17	30,61	2,3	A	39	42	19	FRANCO	T8 M2 R2
2-1107	8,49	Me Al	105	A	68	A	94	A	4,19	A	3,33	A	25,04	A	3,41	A	41,0	A	10,3	A	23	M	4,86	B	7,35	1,02	8,54	31,78	2,4	A	35	44	21	FRANCO	T8 M2 R3
2-1108	8,43	Me Al	131	A	81	A	16	M	3,32	A	2,66	A	24,02	A	3,38	A	44,5	A	10,5	A	32	M	3,21	B	7,11	1,27	10,30	30,06	2,3	A	43	40	17	FRANCO	T8 M2 R4

<b>ANÁLISIS</b>	<b>AI+H*</b>	<b>AI*</b>	<b>Na *</b>	<b>C.E. *</b>	<b>N.</b>	<b>N-</b>	<b>K H2O*</b>	<b>P</b>	<b>CI*</b>	<b>pH KCI*</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>

**RESERVACIONES** \* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGÍA USADA			
H =	Suelo: Agua	P K Ca	Olsen Modificado
B =	Fosfato de	Cu Fe Mn Zn	Olsen Modificado
		B	Curcumina

INTERPRETACION			
p		N	Neutro
Ac	Acido	LAI	Lige.
LAc	Liger. Acido	AI	Alcalino
PN	Prac.		
R	Requieren		
B	Bajo	M	Medio
A	Alto	T	Tóxico (Boro)

ABREVIATURAS	
C.E	Conductividad Eléctrica
M.O.	Materia Orgánica

METODOLOGÍA USADA	
E.	Pasta Saturada
O.	Dicromato de Potasio
H.	Titulación NaOH



INTERPRETACION			
AI+H, AI y Na	C.E.	S	Salino
B	NS	M	Muy
M	LS	A	Alto
T			



Firmado electrónicamente por:  
**JOSE ALO LUCERO MALATAY**  
 LABORATORISTA

Identificación por:  
**NSO**

Firmado electrónicamente por:  
**IVAN RODRIGO SAMANEGO MAGUA**  
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.

**ADVERTENCIA:** La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de esta información es estrictamente prohibida. Si usted ha recibido este sistema de correo por error, por favor notificar inmediatamente al remitente por este mismo medio y eliminar la información.



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 17 / 01 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Marlo Jesús Román Llamuca
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Recursos Naturales
<b>Carrera:</b> Agronomía
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Agrónomo
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

0127-DBRA-UTP-2023

DBRA  
Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

