

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Tesis**

**Efecto de algas marinas y ácidos húmicos en el rendimiento del cultivo de Brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023**

**Asesor:**

Mg. Carrasco Ustua, Haydee

**Autor:**

Pelaiza Rayme, Luz Marina

**Para optar el Título Profesional: Ingeniero Agrónomo**

**Abancay - Apurímac – Perú**

**2024**

## Acta de sustentación



# Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

### ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN N° 007-2024-UTEA-FI-DEPA.

Reunidos el Jurado Examinador constituido por los señores Docentes de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Tecnológica de los Andes:

- Ing. Rosa E. MARRUFO MONTOYA PRESIDENTE DE JURADO
- Ing. Jorge L. VÍLCHEZ CASAS DICTAMINANTE
- M.S.c. Sandra C. CABALLERO RAMIREZ REPLICANTE

La aspirante al TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

**Bachiller: PELAIZA RAYME, LUZ MARINA.**

Ha cumplido con las exigencias del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, respecto al Examen de Sustentación, para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

SUSTENTACIÓN DE TESIS denominado: "Efecto de algas marinas y ácidos húmicos en el rendimiento del cultivo de Brócoli (*Brassica oleraceae* var. *Imperial*), Moyocorral - Abancay, 2023".

Habiendo aprobado con la nota de QUINCE (15).

Se extiende, conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en el tomo III de los folios N° 196 y 197.

Abancay, 16 de octubre del 2024.

  
Ing. Rosa E. MARRUFO MONTOYA  
PRESIDENTE DEL JURADO

  
Ing. Jorge L. VÍLCHEZ CASAS  
DICTAMINANTE

  
M.S.c. Sandra C. CABALLERO RAMIREZ  
REPLICANTE

C.c.  
Archivo

## Reporte de similitud

Efecto de algas marinas y ácidos húmicos en el rendimiento del cultivo de Brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023

### INFORME DE ORIGINALIDAD

|                     |                     |               |                         |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| <b>21%</b>          | <b>20%</b>          | <b>2%</b>     | <b>10%</b>              |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

### FUENTES PRIMARIAS

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes</b><br>Trabajo del estudiante | <b>6%</b> |
| <b>2</b> | <b>hdl.handle.net</b><br>Fuente de Internet  | <b>2%</b> |
| <b>3</b> | <b>repositorio.uta.edu.ec</b><br>Fuente de Internet                                | <b>2%</b> |
| <b>4</b> | <b>repositorio.utea.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                               | <b>1%</b> |
| <b>5</b> | <b>repositorio.inia.gob.pe</b><br>Fuente de Internet                               | <b>1%</b> |
| <b>6</b> | <b>agroquimicos-organicosplm.com</b><br>Fuente de Internet                         | <b>1%</b> |
| <b>7</b> | <b>repositorio.lamolina.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                           | <b>1%</b> |
| <b>8</b> | <b>repo.uta.edu.ec</b><br>Fuente de Internet                                       | <b>1%</b> |

## Metadatos

| Datos del Autor                                     |   |
|---|---|
| Apellidos y nombres                                 | : Pelaiza Rayme, Luz Marina   |
| Tipo de documento de identidad                      | : DNI   |
| Número de documento de identidad                    | : 46938134  |
| URL ORCID   | : <a href="https://orcid.org/0009-0008-1360-0810">https://orcid.org/0009-0008-1360-0810</a>       |
| Datos del Asesor                                    |   |
| Apellidos y nombres                                 | : Carrasco Ustua, Haydee  |
| Tipo de documento de identidad                      | : DNI   |
| Número de documento de identidad                    | : 42381893  |
| URL ORCID   | : <a href="https://orcid.org/0000-0001-7031-5882">https://orcid.org/0000-0001-7031-5882</a>       |
| Datos de la investigación                           |   |
| Facultad  | Ingeniería  |
| Escuela Profesional                                 | Agronomía   |
| Línea de investigación                              | Agricultura y ambiente  |
| Rango de años en la que se realizó la investigación | 2023-2024   |
| Fuente de financiamiento                            | Auto financiado   |
| Porcentaje de similitud                             | 21%   |
| URL de OCDE   | <a href="http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.01.06">http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.01.06</a> |

## **Dedicatoria**

Dedico con todo mi corazón a mis padres SAUL PELAIZA HUAMANI Y CELIA RAYME UTANI por ser los primordiales promotores de mis sueños, gracias por su amor incondicional, a mis hermanos quienes siempre estuvieron apoyándome en cada momento y supieron darme un consuelo cuando la ausencia de los míos se hacía notar.

A mis dos hijos KENJI Y KAELYN que son el mejor regalo que haya podido recibir de parte de Dios, son mi mayor tesoro y también la fuente más pura de mi inspiración, a mi compañero de vida Emerson Peña Vera, por su apoyo incondicional.

**Luz Marina**

## **Agradecimiento**

Quiero expresar mi agradecimiento profundo a Dios, por brindarme una oportunidad en cada día de mi vida.

A la Universidad Tecnológica de los Andes, en especial a la Escuela Profesional de Agronomía, quien me ha dado la oportunidad de conocer, explorar e incrementar mis conocimientos, de la misma manera debo extender mi reconocimiento y gratitud a la labor de mis docentes quienes me han transmitido a lo largo de estos años múltiples conocimientos. Al Dr. C Juan Alarcón Camacho, Dr. Francisco Medina Raya, M. Sc. Sandra Creceida Caballero Ramírez, Ing. Jaher Alejandro Menacho Morales, M.Sc. Franklin Yanqui Diaz, Ing. Rosa Eufemia Marrufo Montoya, Ing. Luis Oscco Aldazabal.

Finalmente, un eterno agradecimiento a mi asesor de tesis Mg. Haydee CARRASCO USTÚA, por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de mi tesis, debo destacar por encima de todo, su disponibilidad y paciencia, por su valiosa orientación y la gran confianza depositada en mí.

**Luz Marina**

## Resumen

El estudio, titulado “Efecto de algas marinas y ácidos húmicos en el rendimiento del cultivo de Brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023”, se evaluó las fases fenológicas, características agronómicas y rendimiento del brócoli, utilizando diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 9 tratamientos y 3 repeticiones. Los factores evaluados fueron las algas marinas (Algax 75 ml, Ficomar 30 ml) y los ácidos húmicos (Forta 15 150 ml, Humitech 100 ml). En cuanto a la fase fenológica, no se observó efecto significativo entre tratamientos. El período de emergencia duró 7 días, el desarrollo vegetativo promedió de 89.2 días, la inducción floral 8.7 días, la formación de pella 11.1 días, y la madurez de la pella 9.37 días, sin diferencias significativas entre los factores evaluadas. No se encontraron diferencias significativas en las características agronómicas. El número de hojas promedió 17.58 con Algax + Forta 15 y 16.92 con Algax + Humitech; la altura de la planta fue de 49.42 cm con Algax + Humitech y 52.44 cm con Ficomar + Humitech; el diámetro del tallo promedió 38.14 mm con Ficomar + Humitech y 36.18 mm con Algax + Forta 15; y el diámetro de la pella fue de 19.00 cm con Ficomar + Humitech y 16.29 cm con Forta 15. Sin embargo, en el rendimiento del cultivo, el tratamiento con Humitech destacó con un peso promedio de pella de 0.55 kg y un rendimiento de 22000 kg/ha, superando significativamente a los tratamientos Testigo y Forta 15. El tratamiento Algax + Humitech alcanzó un rendimiento promedio de 21200 kg/ha.

**Palabras clave:** algas marinas, ácidos humicos, rendimiento, cultivo de brócoli

## Abstract

The study, entitled “Effect of seaweed and humic acids on broccoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial) crop yield, Moyocorral – Abancay, 2023”, evaluated the phenological phases, agronomic characteristics and yield of broccoli, using a completely randomized block design (CRBD) with 9 treatments and 3 replications. The factors evaluated were seaweed (Algax 75 ml, Ficomar 30 ml) and humic acids (Forta 15 150 ml, Humitech 100 ml). Regarding the phenological phase, no significant effect was observed between treatments. The emergence period lasted 7 days, vegetative development averaged 89.2 days, floral induction 8.7 days, head formation 11.1 days, and head maturity 9.37 days, with no significant differences between the factors evaluated. No significant differences were found in the agronomic characteristics. The number of leaves averaged 17.58 with Algax + Forta 15 and 16.92 with Algax + Humitech; plant height was 49.42 cm with Algax + Humitech and 52.44 cm with Ficomar + Humitech; stem diameter averaged 38.14 mm with Ficomar + Humitech and 36.18 mm with Algax + Forta 15; and the pellet diameter was 19.00 cm with Ficomar + Humitech and 16.29 cm with Forta 15. However, in crop yield, the Humitech treatment stood out with an average pellet weight of 0.55 kg and a yield of 22,000 kg/ha, significantly surpassing the Control and Forta 15 treatments. The Algax + Humitech treatment achieved an average yield of 21,200 kg/ha.

**Keywords:** seaweed, humic acids, yield, broccoli cultivation

## Índice

|  |             |
|--|-------------|
| <b>Portada.....</b>                              | <b>i</b>    |
| <b>Acta de sustentación.....</b>                 | <b>ii</b>   |
| <b>Reporte de similitud.....</b>                 | <b>iii</b>  |
| <b>Metadatos.....</b>                            | <b>iv</b>   |
| <b>Dedicatoria.....</b>                          | <b>v</b>    |
| <b>Agradecimiento.....</b>                       | <b>vi</b>   |
| <b>Resumen.....</b>                              | <b>vii</b>  |
| <b>Abstract.....</b>                             | <b>viii</b> |
| <b>Índice.....</b>                               | <b>ix</b>   |
| <b>Indice de tablas.....</b>                     | <b>xii</b>  |
| <b>Indice de figuras.....</b>                    | <b>xvi</b>  |
| <b>I. Introducción.....</b>                      | <b>19</b>   |
| <b>II. Planteamiento del problema.....</b>       | <b>20</b>   |
| 2.1. Descripción y formulación del problema..... | 20          |
| 2.1.1. Problema general.....                     | 21          |
| 2.1.2. Problemas específicos.....                | 21          |
| 2.2. Objetivos.....                              | 21          |
| 2.2.1. Objetivo general.....                     | 21          |
| 2.2.2. Objetivos específicos.....                | 21          |
| 2.3. Justificación e importancia.....            | 22          |
| 2.4. Hipótesis.....                              | 23          |
| 2.4.1. Hipótesis general.....                    | 23          |
| 2.4.2. Hipótesis específicos.....                | 23          |
| 2.5. Variable.....                               | 23          |
| <b>III. Marco Teórico.....</b>                   | <b>26</b>   |
| 3.1. Antecedentes.....                           | 26          |

|  |            |
|--|------------|
| 3.2. Bases teóricas.....   | 35         |
| 3.2.1. Cultivo de brocoli.....   | 35         |
| 3.2.2. Brocoli imperial.....   | 39         |
| Ácidos húmicos.....  | 41         |
| 2.1.1. Algas marinas.....  | 44         |
| 3.3. Definición de términos.....   | 46         |
| <b>IV. Metodología.....</b>  | <b>49</b>  |
| 4.1. Tipo y nivel de investigación.....  | 49         |
| 4.2. Ámbito temporal y espacial.....   | 53         |
| 4.3. Población y muestra.....  | 53         |
| 4.3.1. Población.....  | 53         |
| 4.3.2. Muestra.....  | 54         |
| 4.3.3. Muestreo.....   | 54         |
| 4.4. Instrumentos.....   | 54         |
| 4.5. Procedimiento.....  | 54         |
| 4.6. Análisis de datos.....  | 56         |
| 4.7. Consideraciones éticas.....   | 57         |
| <b>V. Resultados y discusión.....</b>  | <b>58</b>  |
| 5.1. Resultados.....   | 58         |
| 5.1.1. Fase fenológica del cultivo de brócoli variedad Imperial.....             | 58         |
| 5.1.2. Características agronómicas del cultivo de brócoli variedad Imperial..... | 79         |
| 5.1.3. Rendimiento del cultivo de brócoli variedad Imperial.....                 | 99         |
| 5.2. Discusión.....  | 106        |
| <b>VI. Conclusiones.....</b>   | <b>109</b> |
| <b>VII. Recomendaciones.....</b>   | <b>111</b> |
| <b>VIII. Referencias.....</b>  | <b>112</b> |
| <b>IX. Anexos.....</b>   | <b>116</b> |

|   |     |
|---|-----|
| A) Matriz de consistencia.....                    | 116 |
| B) Instrumento de recolección de información..... | 118 |
| C) Base de datos.....                             | 119 |
| D) Ficha técnica.....                             | 121 |
| E) Evidencias.....                                | 130 |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1:</b> Operacionalización de variables.....   | 25 |
| <b>Tabla 2:</b> Diseño factorial de dos factores (ácidos húmicos y algas marinas).....   | 49 |
| <b>Tabla 3:</b> Detalle de los tratamientos y número de repeticiones.....  | 50 |
| <b>Tabla 4:</b> Detalles y dimensiones del área experimental.....  | 51 |
| <b>Tabla 5:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T1 (Algax + Forta 15).....  | 58 |
| <b>Tabla 6:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T2 (Algax + Humitech).....  | 59 |
| <b>Tabla 7:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T3 (Sólo Algax).....  | 61 |
| <b>Tabla 8:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T4 (Forta 15+ Ficomar).....   | 62 |
| <b>Tabla 9:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T5 (Humitech + Ficomar).....  | 63 |
| <b>Tabla 10:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T6 (Sólo Ficomar).....   | 64 |
| <b>Tabla 11:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T7 (Forta 15).....   | 65 |
| <b>Tabla 12:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T8 (Humitech).....   | 66 |
| <b>Tabla 13:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T9 (Sin ácidos húmicos).....   | 67 |
| <b>Tabla 14:</b> Datos observados del Desarrollo vegetativo (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....                      | 68 |
| <b>Tabla 15:</b> Análisis de varianza de los promedios del Desarrollo vegetativo (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos..... | 69 |
| <b>Tabla 16:</b> Datos observados del Inducción floral (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....                           | 70 |
| <b>Tabla 17:</b> Análisis de varianza de los promedios del Inducción floral (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....      | 71 |
| <b>Tabla 18:</b> Datos observados del Formación de pella (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....                         | 72 |
| <b>Tabla 19:</b> Análisis de varianza de los promedios del Formación de pella (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....    | 73 |
| <b>Tabla 20:</b> Datos observados del Madurez de pella y cosecha (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....                 | 74 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 21:</b> Análisis de varianza de los promedios del Madurez de pella y cosecha (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos....                          | 75 |
| <b>Tabla 22:</b> Datos observados del Fenología completa (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....  | 76 |
| <b>Tabla 23:</b> Análisis de varianza de los promedios del Fenología completa (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....                                 | 77 |
| <b>Tabla 24:</b> Datos observados del Número de Hojas (u) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos. ....                       | 79 |
| <b>Tabla 25:</b> Análisis de varianza de los promedios del Número de Hojas (u) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....   | 80 |
| <b>Tabla 26:</b> Datos observados del Número de Hojas (u) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos. ....                      | 81 |
| <b>Tabla 27:</b> Análisis de varianza de los promedios del Número de Hojas (u) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....  | 82 |
| <b>Tabla 28:</b> Datos observados del Número de hojas (u) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....  | 83 |
| <b>Tabla 29:</b> Análisis de varianza de los promedios del Número de hojas (u) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....                                       | 84 |
| <b>Tabla 30:</b> Datos observados del Altura de planta (cm) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos. ....                     | 85 |
| <b>Tabla 31:</b> Análisis de varianza de los promedios del Altura de planta (cm) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos..... | 86 |
| <b>Tabla 32:</b> Datos observados del Altura de planta (cm) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos. ....                    | 87 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 33:</b> Análisis de varianza de los promedios del Altura de planta (cm) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....  | 88  |
| <b>Tabla 34:</b> Datos observados del Altura de planta (cm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....  | 89  |
| <b>Tabla 35:</b> Análisis de varianza de los promedios del Altura de planta (cm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....                                       | 90  |
| <b>Tabla 36:</b> Datos observados del Diámetro de tallo (mm) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos. ....                      | 91  |
| <b>Tabla 37:</b> Análisis de varianza de los promedios del Diámetro de tallo (mm) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....  | 92  |
| <b>Tabla 38:</b> Datos observados del Diámetro de tallo (mm) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....                      | 93  |
| <b>Tabla 39:</b> Análisis de varianza de los promedios del Diámetro de tallo (mm) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos..... | 94  |
| <b>Tabla 40:</b> Datos observados del Diámetro de tallo (mm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....   | 95  |
| <b>Tabla 41:</b> Análisis de varianza de los promedios del Diámetro de tallo (mm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....                                      | 96  |
| <b>Tabla 42:</b> Datos observados del Diámetro de pella (cm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....   | 97  |
| <b>Tabla 43:</b> Análisis de varianza de los promedios del Diámetro de pella (cm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....                                      | 98  |
| <b>Tabla 44:</b> Datos observados del Peso de pella (kg) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....   | 99  |
| <b>Tabla 45:</b> Análisis de varianza de los promedios del Peso de pella (kg) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....  | 100 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 46:</b> Comparación múltiple de Tukey (95% de confiabilidad) de los promedios del<br>Peso de pella (kg) para el tratamiento con ácidos húmicos.....         | 101 |
| <b>Tabla 47:</b> Datos observados del Rendimiento (kg/ha) de brócoli variedad Imperial con<br>aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....                      | 103 |
| <b>Tabla 48:</b> Análisis de varianza de los promedios del Rendimiento (kg/ha) de brócoli<br>variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos..... | 104 |
| <b>Tabla 49:</b> Comparación múltiple de Tukey (95% de confiabilidad) de los promedios del<br>Rendimiento (kg/ha) para el tratamiento con ácidos húmicos.....        | 105 |
| <b>Tabla 50:</b> Matriz de consistencia.....   | 116 |

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Croquis de la unidad experimental.....  | 50 |
| <b>Figura 2:</b> Croquis del área experimental.....  | 52 |
| <b>Figura 3:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T1 (Algax + Forta 15).....   | 58 |
| <b>Figura 4:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T2 (Algax + Humitech).....   | 59 |
| <b>Figura 5:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T3 (Sólo Algax).....   | 60 |
| <b>Figura 6:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T4 (Forta 15+ Ficomar).....  | 61 |
| <b>Figura 7:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T5 (Humitech + Ficomar).....   | 62 |
| <b>Figura 8:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T6 (Sólo Ficomar).....   | 63 |
| <b>Figura 9:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T7 (Forta 15).....   | 65 |
| <b>Figura 10:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T8 (Humitech).....  | 66 |
| <b>Figura 11:</b> Fase fenológica del cultivo de brócoli T9 (Sin ácidos húmicos).....  | 67 |
| <b>Figura 12:</b> Promedios del Desarrollo vegetativo (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....      | 69 |
| <b>Figura 13:</b> Promedios del Inducción floral (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....           | 71 |
| <b>Figura 14:</b> Promedios del Formación de pella (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....         | 73 |
| <b>Figura 15:</b> Promedios del Madurez de pella y cosecha (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos..... | 75 |
| <b>Figura 16:</b> Promedios del Fenología completa (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....         | 77 |
| <b>Figura 17:</b> Promedios del Número de Hojas (u) (22/09/23) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....    | 80 |
| <b>Figura 18:</b> Promedios del Número de Hojas (u) (10/11/23) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....    | 82 |
| <b>Figura 19:</b> Promedios del Número de hojas (u) (01/01/24) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....    | 84 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 20:</b> Promedios del Altura de planta (cm) (22/09/23) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....     | 86  |
| <b>Figura 21:</b> Promedios del Altura de planta (cm) (10/11/23) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....     | 88  |
| <b>Figura 22:</b> Promedios del Altura de planta (cm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....                | 90  |
| <b>Figura 23:</b> Promedios del Diámetro de tallo (mm) (22/09/23) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....    | 92  |
| <b>Figura 24:</b> Promedios del Diámetro de tallo (mm) (10/11/23) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....    | 94  |
| <b>Figura 25:</b> Promedios del Diámetro de tallo (mm) (01/01/24) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....    | 96  |
| <b>Figura 26:</b> Promedios del Diámetro de pella (cm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....               | 98  |
| <b>Figura 27:</b> Promedios del Peso de pella (kg) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....                   | 100 |
| <b>Figura 28:</b> Promedios de la interacción de las variables algas marinas y ácidos húmicos del Peso de pella (kg) de brócoli variedad Imperial.....  | 102 |
| <b>Figura 29:</b> Promedios del Rendimiento (kg/ha) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.....                  | 104 |
| <b>Figura 30:</b> Promedios de la interacción de las variables algas marinas y ácidos húmicos del Rendimiento (kg/ha) de brócoli variedad Imperial..... | 106 |
| <b>Figura 31:</b> Almacigado de brócoli.....  | 130 |
| <b>Figura 32:</b> Limpieza de terreno.....  | 130 |
| <b>Figura 33:</b> Trasplante de plántulas de brócoli a campo definitivo.....  | 131 |
| <b>Figura 34:</b> Identificación de plántulas para su evaluación.....   | 131 |
| <b>Figura 35:</b> Desarrollo vegetativo del brocoli.....  | 132 |
| <b>Figura 36:</b> Medición de altura de planta.....   | 132 |
| <b>Figura 37:</b> Cosecha de brócoli.....   | 133 |
| <b>Figura 38:</b> Visita de la asesora durante la ejecución del proyecto.....   | 133 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 39:</b> Pesaje de pella de brócoli.....                  | 134 |
| <b>Figura 40:</b> Insumos para el tratamiento del experimento..... | 134 |

## I. Introducción

El brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial) es una hortaliza ampliamente reconocido por su aporte nutricional y sus propiedades beneficiosas para la salud a nivel mundial, su origen proviene de la región mediterránea, y ha ganado popularidad en todo el mundo debido a su alto contenido de vitaminas, minerales y compuestos bioactivos, que lo convierten en un alimento esencial en una dieta equilibrada. Además de su valor nutricional, el brócoli también es apreciado en la agricultura por su adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas y su capacidad para crecer en una variedad de suelos, en este contexto, la investigación sobre prácticas agrícolas sostenibles que mejoren el rendimiento y la calidad de los cultivos, como el brócoli variedad Imperial, es de vital importancia, en ese sentido uno de los enfoques prometedores en este campo es la aplicación de bioestimulantes orgánicos, como las algas marinas y los ácidos húmicos, que en otros cultivos están demostrando tener efectos beneficiosos en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Por lo tanto el presente estudio se centra en investigar el resultado de las algas marinas y los ácidos húmicos en el beneficio de la producción del cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae*) variedad Imperial en el sector de Moyocorral – Abancay durante el año 2023. El objetivo principal de este estudio es analizar cómo la aplicación de algas marinas y ácidos húmicos influye el rendimiento del cultivo de brócoli. Mediante la realización de este estudio, se espera contribuir al conocimiento científico sobre prácticas agrícolas sostenibles y ofrecer información valiosa para los agricultores locales, que podran beneficiarse de la implementación de técnicas de cultivo que promuevan un mayor rendimiento y una mejor calidad de los cultivos, como el brócoli.

## II. Planteamiento del problema

### 2.1. Descripción y formulación del problema

La producción del brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial) tiene una gran importancia económica en el mundo, tal es así que es cultivada en numerosos países en todos los continentes, aunque la producción está más concentrada en regiones como Europa, América del Norte, China y la India. Estos países son los principales productores a nivel mundial. Además de ser consumido fresco, también se utiliza en la industria alimentaria para la producción de alimentos procesados, como sopas, congelados y encurtidos. Introducido en Perú hace más de cuatro décadas, el brócoli ha sido consumido principalmente por un pequeño sector del mercado limeño y su cultivo ocupaba pocas hectáreas. Desde 1990, se ha observado un crecimiento notable en su producción en la costa central como también en la sierra de todo el país (Toledo Hevia, 2003).

La producción agrícola en la región de Abancay enfrenta diversos desafíos relacionados con la optimización del rendimiento de los cultivos, en particular, en lo que respecta al brócoli (*Brassica oleracea* var. Imperial), un cultivo de creciente importancia económica, a pesar de los esfuerzos por mejorar las prácticas agrícolas, los rendimientos obtenidos en esta zona aún no alcanzan su máximo potencial, lo que impacta negativamente en la rentabilidad de los agricultores y en la oferta local de este producto. Uno de los principales problemas es la falta de adopción de tecnologías y prácticas agronómicas avanzadas que podrían mejorar la productividad y la calidad del cultivo. Los agricultores de la zona de Moyocorral dependen en gran medida de métodos tradicionales y del uso limitado de insumos, lo que puede resultar en suelos con baja fertilidad y, consecuentemente, en un bajo rendimiento del cultivo de brócoli. Además, la variabilidad en la calidad de los insumos disponibles, como fertilizantes y enmiendas, y la falta de estudios locales que determinen las mejores combinaciones de estos insumos para maximizar el rendimiento, agravan la situación. Específicamente, el uso de

productos como algas marinas y ácidos húmicos ha sido poco explorado en la región, a pesar de su potencial para mejorar las características del suelo y, por ende, el rendimiento del cultivo, por ello surge la necesidad de investigar y validar nuevas prácticas agrícolas que incorporen estos insumos, con el fin de ofrecer alternativas efectivas y sostenibles para los agricultores de Moyocorral y otras áreas similares.

### **2.1.1. Problema general**

¿Cuál es el efecto de algas marinas y ácidos húmicos en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023?

### **2.1.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es el efecto de algas marinas y ácidos húmicos en la fase fenológica del cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023.?
- ¿Cuál es el efecto de algas marinas y ácidos húmicos en las características agronómicas del cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023.?
- ¿Cuál es el efecto de interacción de algas marinas y ácidos húmicos en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023.?

## **2.2. Objetivos**

### **2.2.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de algas marinas y ácidos húmicos en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023.

### **2.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de algas marinas y ácidos húmicos en la fase fenológica del cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023.
- Evaluar el efecto de algas marinas y ácidos húmicos en las características agronómicas del cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023.

- Evaluar el efecto de interacción de algas marinas y ácidos húmicos en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023.

### **2.3. Justificación e importancia**

El cultivo del brócoli se ha establecido como un elemento indispensable en la dieta familiar, siendo una hortaliza de significativa importancia económica mundial por sus cualidades alimenticias y medicinales. Las hojas y la inflorescencia tienen un alto contenido nutritivo, incluyendo proteínas, carbohidratos, fibra, calcio y hierro, y son ricas en vitamina C y beta caroteno, que son conocidos antioxidantes. Nuevas investigaciones también lo consideran una buena fuente de vitamina A, ácido ascórbico, y apreciables cantidades de tiamina, riboflavina y niacina, la justificación de esta investigación radica en la necesidad de mejorar el rendimiento y la productividad del cultivo de brócoli.

Es fundamental que los profesionales de las ciencias agrarias busquen soluciones innovadoras para optimizar este cultivo. En este sentido, la investigación se enfoca en la aplicación de algas marinas y ácidos húmicos en el cultivo de brócoli, con el objetivo de contribuir a la sociedad, promoviendo una dieta más saludable para las familias. El estudio se llevó a cabo en la localidad de Moyocorral – Abancay, 2023, donde se evaluó el efecto de estos insumos en el rendimiento del brócoli (*Brassica oleracea* var. Imperial).

**Impacto social:** Esta investigación busca promover el uso de abonos orgánicos foliares a base de algas marinas y ácidos húmicos entre los productores. La adopción de estas prácticas permitirá a los agricultores tomar decisiones informadas que mejoren tanto la producción como la sostenibilidad de sus sistemas agrícolas.

**Impacto económico:** El brócoli es un cultivo hortícola de gran valor económico a nivel internacional gracias a su valor nutricional y medicinal, por lo expuesto mejorar su rendimiento no solo generará mayores ingresos para los agricultores, sino que también contribuirá a preservar la calidad de vida en las comunidades rurales.

Impacto ambiental: Al fomentar una producción orgánica del brócoli, esta investigación busca reducir el uso de insumos químicos, disminuyendo así el impacto ambiental y mejorando la seguridad para la salud humana. Esto se traduce en una práctica agrícola más sostenible y responsable.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Las algas marinas y ácidos húmicos tiene efecto significativo en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023.

### **2.4.2. Hipótesis específicos**

- Las algas marinas y ácidos húmicos tiene efecto significativo en la fase fenológica del cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023.
- Las algas marinas y ácidos húmicos tiene efecto significativo en las características agronómicas del cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023.
- La interacción de algas marinas y ácidos húmicos influye significativamente en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023.

## **2.5. Variable**

### **A) Variable Independiente 1: Tipos de algas marinas**

#### **Definición conceptual**

Las algas marinas son organismos fotosintéticos acuáticos que pertenecen a diversos grupos taxonómicos. Estas algas se utilizan en la agricultura debido a sus propiedades como bioestimulantes, favoreciendo el crecimiento y la resistencia de las plantas a factores ambientales adversos.

**Definición operacional**

En este estudio, se examinaron diferentes variedades de extractos de algas marinas utilizados en el cultivo de brócoli, midiendo su efecto sobre el rendimiento del cultivo. Los tipos de algas marinas se clasificaron y aplicaron en dosis específicas, según el protocolo experimental.

**Variable Independiente 2: Tipos de ácidos húmicos****Definición conceptual**

Los ácidos húmicos son compuestos orgánicos que se encuentran en la materia orgánica del suelo. Estos ácidos promueven la capacidad de producción del suelo y optimizan la asimilación de nutrientes por parte de las plantas, lo que puede incrementar el rendimiento de los cultivos.

**Definición operacional**

En esta investigación, se utilizaron diferentes tipos de ácidos húmicos aplicados al cultivo de brócoli, y se analizó su impacto en el rendimiento del cultivo. Los tipos de ácidos húmicos se administraron en concentraciones específicas, siguiendo el diseño experimental.

**A) Variable Dependiente: Rendimiento del cultivo de brócoli****Definición conceptual**

El rendimiento del cultivo de brócoli se refiere a la cantidad y calidad del producto obtenido en términos de peso, tamaño y otras características agronómicas relevantes para la comercialización y consumo del brócoli.

**Definición operacional**

El desempeño del cultivo de brócoli en este análisis se midió mediante la cuantificación del peso total de las cabezas de brócoli cosechadas por parcela experimental, considerando las variaciones en función de los tipos de algas marinas y ácidos húmicos aplicados.

## B) Operacionalización de variables

**Tabla 1:**

*Operacionalización de variables*

| Variables                                 | Dimensión       | Indicadores           | Indices |
|---|-----------------|-----------------------|---------|
| VI:<br>Tipos de algas marinas             | Algas marinas   | Algax 75ml            | ml      |
|   |                 | Ficomar 30ml          | ml      |
|   |                 | Sin algas marinas     |         |
| Tipos de ácidos húmicos                   | Ácidos húmicos  | Forta 15 150ml        | ml      |
|   |                 | Humitech 100ml        | ml      |
|   |                 | Sin ácidos húmicos    |         |
| VD:<br>Rendimiento del cultivo de brócoli | Fase fenológica | Emergencia            | días    |
|   |                 | Desarrollo vegetativo | días    |
|   |                 | Inducción floral      | días    |
|   |                 | Formación de pella    | días    |
|   |                 | Madurez y cosecha     | días    |
| Características agronómicas               |                 | Número de hojas       | und.    |
|   |                 | Altura de planta      | Cm      |
|   |                 | Diámetro de tallo     | mm      |
|   |                 | Diámetro de pella     | cm      |
| Rendimiento                               |                 | Peso de pella         | kg      |
|   |                 | Rendimiento           | kg/ha   |

### III. Marco Teórico

#### 3.1. Antecedentes

**Toapanta Chicaiza, (2022)**, realizó la evaluación de la aplicación del extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) y ácidos húmicos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Italica)", identificó el tipo de abono natural y la dosis óptima que incrementara el rendimiento de dicho cultivo. Sus factores evaluados fueron el extracto de algas marinas (F1) y los ácidos húmicos (F2) en concentraciones de D1 (1 g/L), D2 (1,5 g/L) y D3 (2 g/L), con aplicaciones realizadas a los 15 y 30 días después del trasplante en cada tratamiento. utilizó un diseño experimental de terrenos separados, así mismo en su parcela principal utilizó los abonos ecológicos, y en los subterrenos, con concentraciones ordenadas de manera aleatoria, trabajó con seis tratamientos en total, cada uno con tres repeticiones respectivamente, además, aplicó un análisis de varianza (ADEVA) para identificar diferencias con cada uno de los tratamientos, junto con la prueba de Tukey y la prueba de Kruskal-Wallis al 5% que comparó las medias de los tratamientos. Sus hallazgos indicaron que el mejor tratamiento fue el fertilizante a base de ácidos húmicos (F2) que trabajó con una concentración de D3 (2 g/L), logrando promedios de 4,64 cm en diámetro de tallo, 12,58 cm en diámetro de la pella, 0,36 kg de peso de la pella y un rendimiento de 13,342.66 kg/ha. No obstante, en cuanto a la altura de la planta, no encontró diferencias significativas, compartiendo los tratamientos F1D3 (extracto de algas marinas a 2 g/L) y F2D3 (ácidos húmicos a 2 g/L) los valores más altos, con promedios de 82,79 cm y 82,10 cm, respectivamente.

**Zamora Vaca F, (2014)**, en su investigación determinó del efecto sobre los híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Itálica), Avenger (H1) y Legacy (H2), mediante la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos (Humimax A1 y Pieler humus A2) en dos concentraciones (1 l/ha D1 y 2 l/ha D2), para optimizar el rendimiento de la pella, utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) en espacios de terrenos divididos con un arreglo factorial 2 x 2 x 2, con tres repeticiones. Sus parcelas

principales fueron asignados al factor híbrido, resultando en ocho tratamientos a partir de la combinación de los factores en estudio. Realizó un análisis de varianza (ADEVA) y pruebas de significación de Tukey al 5%, junto con la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5% para evaluar los efectos de los híbridos, los ácidos húmicos y fúlvicos, y las dosis aplicadas. llevó a cabo un análisis económico de los tratamientos utilizando la relación beneficio/costo (RBC). El híbrido Avenger (H1) fue el que mostró los mejores resultados en términos de crecimiento, desarrollo y calidad de las pellas. Las plantas tratadas con este híbrido presentaron un mayor crecimiento en altura a los 30 días (24,84 cm), 60 días (55,46 cm) y 90 días (66,21 cm). El diámetro del tallo también fue superior a los 30 días (0,94 cm), 60 días (2,97 cm) y 90 días (3,97 cm), obteniendo pellas de mayor diámetro ecuatorial (30,56 cm) y peso (727,93 g), lo que resultó en un rendimiento más alto (21,44 t/ha). En cuanto a los ácidos húmicos y fúlvicos, la aplicación de Pieler humus (A2) generó resultados más destacados, con un incremento del crecimiento y progreso de las plantas, así como una calidad superior de las pellas. Los tratamientos que recibió este producto lograron mayor altura a los 60 días (51,99 cm) y 90 días (60,68 cm), mejor diámetro ecuatorial de las pellas (29,19 cm) y un mayor peso de las mismas (597,12 g), con rendimientos de 18,09 t/ha. Con respecto a las dosis de aplicación, los tratamientos con 2 l/ha (D2) mostraron mejores resultados en general, obteniendo plantas con mayor altura a los 60 días (51,29 cm) y 90 días (61,92 cm), pellas con mayor diámetro (29,63 cm) y un peso superior (593,25 g), lo que resultó en rendimientos más altos (18,04 t/ha). Finalmente, el análisis económico dentro de su investigación concluyó que el tratamiento H1A2D1 (híbrido Avenger, Pieler humus 1 l/ha) fue el más rentable, con una relación beneficio/costo de 1,11, lo que indica que los beneficios netos fueron 1,11 veces mayores que la inversión, siendo el tratamiento económicamente más favorable.

**Cáceres Yucra E, (2019)**, evaluó el efecto de dos dosis de abono orgánico de equino sobre variedades de brócoli en espacio controlado. Cuyos objetivos fueron

identificar las dosis adecuadas y realizar un análisis económico. El experimento se llevó a cabo en un espacio territorial de una Universidad Mayor de la zona de San Andrés, utilizando un diseño de bloques completamente al azar con un arreglo bifactorial, que incluyó 6 tratamientos y 3 repeticiones. Sus hallazgos revelaron que el tratamiento T1 (variedad Di Cicco con 4,62 kg/m<sup>2</sup>) presentó el mejor desarrollo, seguido del T3 (variedad Itálica con la misma dosis). Ambas variedades lograron promedios altos en número de hojas, diámetro y peso de pellas. El análisis económico reveló que T1 y T3 obtuvieron los mejores índices beneficio/costo, con valores de 3,1 y 3, respectivamente. Concluyó en su investigación que la dosis de abono orgánico fue significativamente influyente en todas las variables, mientras que la variedad tuvo un impacto mínimo. Cuya recomendación fue investigar con variedades híbridas y dosis mayores para evaluar mejor las diferencias y optimizar el manejo del cultivo.

**Espinoza Ulloa L, (2015)**, en su investigación, evaluó la respuesta de cinco fertilizantes foliares de origen orgánico en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*), cultivado en los espacios de una Estación Experimental Docente Universitario de Arjelia-Loja. Utilizó un diseño experimental de bloques de manera completamente aleatoria, con seis tratamientos T1 (Purín de ortiga al 10%), T2 (Biol al 30%), T3 (Humus líquido al 2,5%), T4 (Abono de frutas al 2,5%), T5 (Té de estiércol al 25%) y T6 (Testigo sin fertilizante), con cuatro repeticiones. trabajó cada parcela con dimensiones de 3,25 m de largo y 2,4 m de ancho, con una distancia entre surcos de 0,65 m y entre plantas de 0,40 m. utilizó fertilizantes aplicados vía foliar se prepararon en la infraestructura del "Programa de Tecnologías de Producción Agroecológica Permacultural" con materiales locales, y se aplicó cada ocho días a partir de los 15 días posteriores al trasplante (DDT). Evaluó parámetros como la altura y el diámetro del tallo, la longitud y el ancho de las hojas, y la altura, diámetro y peso de las pellas. Los tratamientos T2 (Biol) y T5 (Té de estiércol) mostraron los mejores resultados, destacándose el tratamiento T2 con una altura de tallo de 25,6 cm, diámetro de 3,85 cm, longitud de hoja de 52,93 cm, ancho de

hoja de 20,87 cm, altura de pella de 12,1 cm, diámetro de pella de 20,5 cm y peso de pella de 1,1 kg. En el tratamiento T5, se registraron una altura de tallo de 25,38 cm, diámetro de 3,85 cm, longitud de hoja de 54,25 cm, ancho de hoja de 20,68 cm, altura de pella de 12,1 cm, diámetro de pella de 20,2 cm y peso de pella de 1,0 kg.

**Aruquipa Alejo, (2022)**, estudió el desempeño agrícola de dos pares de cultivares de col rizada (*Brassica oleracea* var. *Sabellica*) bajo distintas frecuencias de aplicación de caldo de humus de lombriz, un abono foliar orgánico. Cuyo estudio se realizó en los invernaderos de una Asociación de la ciudad de El Alto, Bolivia, a una elevación de 4000 m.s.n.m. Evaluó varios aspectos clave del rendimiento del cultivo, tales como la altura de la planta, el ancho y largo de las hojas, el diámetro del tallo, el número de hojas, y el rendimiento en peso fresco. También evaluó las diferentes frecuencias de aplicación del abono, dividiéndolas en parcelas principales, y comparó su efecto sobre las dos variedades de col, Rizada y Blanca, que se ubicaron en subparcelas. Así mismo evaluó los beneficios económicos de cada tratamiento a través de un análisis de costos, determinando la relación beneficio/costo de las distintas combinaciones de frecuencia y variedad. Sus resultados evaluados en su investigación indicaron que la variedad Blanca, con una frecuencia de aplicación cada 14 días (F2), mostró los mejores resultados en altura de planta y ancho de hoja, y alcanzó el mayor rendimiento en peso fresco y peso comercial. Asimismo, se evaluó la rentabilidad económica de los tratamientos, destacando que el tratamiento testigo con la variedad Rizada presentó la mayor relación beneficio/costo, mientras que el tratamiento con aplicación cada 7 días y la variedad Blanca, aunque con menor relación beneficio/costo, también resultó rentable.

**Noé Soria, (2020)**, en su investigación sobre la fertilización foliar con extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad del brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* cv. 'Paraíso'), evaluó cinco productos comerciales de extractos de algas marinas: Phylgreen, FX Algae, Biocrop L45, QSI KBA2 y Fertimar. su estudio se llevó a cabo en la provincia de Cañete, Lima, entre agosto y octubre de 2016. estableció cinco tratamientos y un

testigo en el que solo se utilizó fertilización NPK sin la adición de extractos de algas marinas, mientras que en los demás tratamientos se aplicó tanto la fertilización NPK como los extractos de algas en dosis y momentos recomendados según sus fichas técnicas. Utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar y evaluó parámetros de rendimiento, diámetro, altura y peso de inflorescencia, diámetro de tallo, incidencia de tallo hueco, materia seca de hojas, tallo e inflorescencia, análisis NPK foliar y área foliar. Los mayores rendimientos de brócoli que obtuvo con la aplicación de Fertimar y Biocrop L45 (11,48 y 11,23 t/ha, respectivamente), obtuvieron significativamente en forma superior en comparación con los tratamientos QSI KBA2 y FX Algae, mostrando sus resultados que no mostraron diferencias significativas respecto al testigo. En cuanto al contenido de materia seca, el producto Biocrop L45 presentó el valor más alto (10,65%). En el área foliar, el tratamiento con QSI KBA2 alcanzó una medida de 16,23 dm<sup>2</sup>. El mayor contenido de potasio en la masa foliar se obtuvo con FX Algae (396 ppm), aunque no mostró diferencias significativas respecto al testigo. Las demás variables evaluadas no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

**Hidrogeno Gonzales, (2015).** En su trabajo de investigación, se propuso como objetivo determinar la dosis más eficiente de ácido húmico granulado de Leonardita y de ácidos húmicos y fúlvicos que contuvieran elementos macro y micro, con el fin de mejorar la producción del brócoli híbrido Royal Favor F-1 Hyb. El estudio se llevó a cabo en la finca "El Pacífico", propiedad del Ing. Jorge Luis Peláez Rivera, ubicada en el Distrito de Barros, Provincia de Barros, Departamento de San Martín, a una altitud de 835 msnm. El investigador utilizó un diseño de bloques completamente al azar, el cual contempló cinco tratamientos y tres repeticiones. Evaluó variables como el porcentaje de emergencia, el porcentaje de captura, la altura de las plantas, el diámetro de la base del tallo, el peso de la inflorescencia y el rendimiento en toneladas por hectárea. El tratamiento T4 (50 l/ha) obtuvo el mayor rendimiento, alcanzando un promedio de 15,071.53 kg/ha, siendo

comparable estadísticamente con los tratamientos T2 (200 kg/ha) y T3 (30 l/ha), que lograron promedios de 14,669.17 kg/ha y 14,466.67 kg/ha, respectivamente. Todos los tratamientos generaron resultados positivos, indicando que los ingresos superaron la inversión realizada por unidad de área, lo que resultó en utilidades. En conclusión, se estableció que la aplicación de dosis de ácidos húmicos granulados de Leonardita y ácidos húmicos y fúlvicos con macro y microelementos podía incrementar la rentabilidad del cultivo.

**Marquina Durand, (2018)**, evaluó la influencia de cuatro dosis de FERTI EM aplicadas al cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) variedad Royal Favor F-1 Hyb, con el objetivo de determinar cuál de estas dosis promovía un mayor desarrollo vegetativo y, por ende, incrementaba el rendimiento y el beneficio económico del cultivo en la provincia de Lamas. La investigación se llevó a cabo en el Fundo "El Pacífico", propiedad del señor Jorge Luís Peláez Rivera, ubicado en la jurisdicción del distrito y provincia de Lamas. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cinco tratamientos y tres repeticiones. La información obtenida fue procesada con el programa estadístico SPSS 22, utilizando niveles de confianza del 99% y 95%, y los promedios de tratamientos fueron sometidos a la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan a un nivel de significancia de  $P < 0,05$ . Los tratamientos evaluados fueron: T0 (Testigo), T1 (200 kg.ha<sup>-1</sup> de FERTI EM), T2 (400 kg.ha<sup>-1</sup> de FERTI EM), T3 (600 kg.ha<sup>-1</sup> de FERTI EM) y T4 (800 kg.ha<sup>-1</sup> de FERTI EM). Los indicadores analizados incluyeron: altura de planta (cm), diámetro del tallo (cm), diámetro de la inflorescencia (cm), peso por inflorescencia (g), rendimiento de producción (kg.ha<sup>-1</sup>) y un análisis económico. Los resultados indicaron que la aplicación de 800 kg.ha<sup>-1</sup> de FERTI EM generó el mayor rendimiento y beneficio económico, alcanzando valores de 22,289.2 kg.ha<sup>-1</sup> y una relación beneficio/costo (B/C) de 2.08, respectivamente.

**Condori Pacha, (2019)**, estudió el efecto del abonamiento orgánico utilizando diferentes niveles de compost y ácidos húmicos en el rendimiento de pellas de coliflor

(*Brassica oleracea* L. var. botrytis) cv. "bola de nieve" durante el periodo de septiembre a diciembre de 2017. Cuya finalidad fue identificar el mejor rendimiento de pellas de coliflor, considerando tanto el efecto principal como la interacción entre los niveles de compost y ácidos húmicos, así como evaluar la rentabilidad del cultivo derivada de estas interacciones. Se aplicó un diseño experimental de bloques completos al azar con un arreglo factorial 3 x 2, donde se evaluaron tres niveles de compost (4, 6 y 8 t.ha<sup>-1</sup>) y dos niveles de ácidos húmicos (50 y 100 l.ha<sup>-1</sup>), resultando en seis tratamientos con tres repeticiones cada uno. El compost se incorporó en una única aplicación durante la preparación del terreno, mientras que los ácidos húmicos (Humifarm Plus) se aplicaron en cuatro ocasiones, utilizando un 25% de la dosis total a los 20, 35, 50 y 65 días después del trasplante, aplicándose directamente al pie de las plantas. El mejor rendimiento obtenido por efecto principal fue de 19,574.5 kg.ha<sup>-1</sup> al utilizar 8 t.ha<sup>-1</sup> de compost, y de 19,333.7 kg.ha<sup>-1</sup> al aplicar 100 l.ha<sup>-1</sup> de ácidos húmicos. En términos de interacciones, el rendimiento total más alto fue de 21,325 kg.ha<sup>-1</sup>, compuesto por un 75% de pellas de primera calidad y un 25% de segunda calidad, logrado mediante la combinación de 8 t.ha<sup>-1</sup> de compost y 100 l.ha<sup>-1</sup> de ácidos húmicos. La mayor rentabilidad del cultivo de coliflor alcanzó un 63.9% gracias a la aplicación conjunta de 8 t.ha<sup>-1</sup> de compost y 100 l.ha<sup>-1</sup> de ácidos húmicos.

**Huamán Villegas, F. (2022)**, En su estudio, se propuso como objetivo principal determinar la dosis óptima de guano de isla y su efecto en el comportamiento agronómico del brócoli (*Brassica oleracea* L.) var. Itálica. La investigación se llevó a cabo en el distrito de Huancas, provincia de Chachapoyas, en la región Amazonas. Para establecer el cultivo en el campo experimental, se utilizaron dosis de guano de isla de 0, 40, 60, 70 y 80 g/planta, con densidades de siembra de 18 y 24 plantas por parcela. Esto resultó en un total de 10 tratamientos, distribuidos en un área de 280,8 m<sup>2</sup>, siguiendo un diseño de bloques completos al azar (DBCA). Los hallazgos indicaron que la dosis de 80 g/planta generó el mejor desempeño del cultivo de brócoli, alcanzando la mayor altura de planta

(16,73 cm), la extensión del área foliar más amplia (59,95 cm<sup>2</sup>), el mayor diámetro de la pella (16,7 cm), y reduciendo el tiempo hasta la cosecha (80 y 78 días). Además, se observó el peso fresco más alto de la pella (595,27 g) y el contenido de materia seca más elevado (37,76%). Se encontraron diferencias significativas en la interacción de altura de planta, peso de la pella y materia seca, mientras que no se registraron interacciones en el área foliar, diámetro de la pella y rendimiento, sugiriendo que la combinación de factores no afectó estas variables.

**Ortiz, (2019)**, examinó el impacto de diferentes tipos de fertilización en el rendimiento de inflorescencias del brócoli. La investigación se realizó en una altitud de 3,502 m, comenzando el 20 de mayo y finalizando el 14 de noviembre de 2018, utilizando un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Sus hallazgos revelaron que el tratamiento con una fertilización de 272-68-133 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) más TERRASUR alcanzó el rendimiento más elevado, con 22.93 t/ha, superando significativamente a los otros tratamientos. El segundo tratamiento mostró un rendimiento de 19.85 t/ha, mientras que el testigo tuvo un rendimiento mucho menor, de 7.97 t/ha, lo que evidenció la efectividad de los fertilizantes aplicados. Además, observó que el tratamiento 272-68-133 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) más TERRASUR presentó las mejores características agronómicas, como un mayor número de hojas, longitud de hoja y diámetros de inflorescencias. Por su parte, el guano de isla mostró un buen desempeño en longitud de hoja, aunque el testigo presentó un desarrollo deficiente. Se concluyó que la fertilización es crucial para el brócoli, un cultivo híbrido que requiere mayores nutrientes, y que el tiempo promedio hasta la madurez comercial fue de 100 días en todos los tratamientos.

**Hurtado Cajamarca, E. (2018)**, evaluó el impacto de diferentes proporciones de abono tipo bocashi mezclado con tierra agrícola en la producción de almácigos de brócoli de la variedad Legacy. El objetivo fue determinar cómo estas mezclas influían en la calidad de las plántulas. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), que

comprendió cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, lo que dio lugar a un total de 16 unidades experimentales. Sus parámetros analizados de cada variable incluyeron el porcentaje de germinación, la altura de las plántulas a los 20 y 50 días, el número de hojas en esos períodos, así como el diámetro del tallo y la longitud radicular. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANVA) y a la prueba de comparación múltiple de Tukey, utilizando un nivel de significancia del 0.05%. Los tratamientos evaluados consistieron en un testigo con 100% de tierra agrícola, junto con varias combinaciones de abono bocashi y tierra agrícola en diferentes proporciones. Sus resultados mostraron que la mezcla que consistía en 50% de tierra agrícola y 50% de abono tipo bocashi (Tratamiento 4) logró los mejores rendimientos en las variables agronómicas evaluadas. Esto sugiere que esta combinación es eficaz para mejorar la calidad de las plántulas de brócoli, destacando la importancia de optimizar la fertilización orgánica en el desarrollo de este cultivo.

**Barreto serrano, B. (2018)**, En su investigación titulada “Evaluación del Efecto Bioinsecticida de Tres Extractos Orgánicos Para el Control de Pulgón (*Brevicoryne Brassicae* L.) en el Cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*)”, se llevó a cabo en el barrio Tahuaray del distrito de Chuquibambilla, provincia de Grau, en Apurímac, a una altitud de 3,252 m.s.n.m. en una parcela experimental de 207.9 m<sup>2</sup> con un suelo de textura franco-arcilloso-arenosa, un pH de 7.24 (ligeramente alcalino) y un contenido de materia orgánica del 11.00%, junto con altos niveles de nutrientes: 100.6 ppm de fósforo y 562 ppm de potasio. Su objetivo de su estudio fue determinar la eficacia de los extractos biocidas de barbasco, molle y ajo en la reducción de la incidencia y severidad del pulgón (*Brevicoryne Brassicae* L.) en el cultivo de brócoli, así como su impacto en el rendimiento productivo. Utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, evaluando las dosis de aplicación de 4 y 6 ml/l de los extractos mencionados. Los resultados mostraron que la aplicación de extracto de barbasco a dosis de 4 y 6 ml/l resultó en una disminución de la incidencia del pulgón, alcanzando un 59.6% de control. En particular, la dosis de 4

ml/l de extracto de barbasco demostró ser la más eficaz, reduciendo la severidad del daño en el cultivo a un nivel de hasta 3.52%. Además, el rendimiento del brócoli fue evaluado en función de varias variables agronómicas, incluyendo la altura de planta, el diámetro ecuatorial y polar de la inflorescencia, así como el peso de la misma. Los datos indicaron que el tratamiento con 4 ml/l de extracto de barbasco proporcionó los mayores rendimientos, con mediciones de 51.6 cm de altura, 24.42 cm de diámetro ecuatorial, 10.12 cm de diámetro polar y un peso de 576.20 gramos por inflorescencia. Este tratamiento logró controlar hasta el 98.49% de la incidencia de pulgones, evidenciando una fuerte correlación entre las variables dependientes e independientes, con un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 94.7%, lo que sugiere que un aumento en la aplicación de biocidas de barbasco mejora significativamente el control de la plaga.

### 3.2. Bases teóricas

#### 3.2.1. Cultivo de brocoli

##### a. Taxonomía

**Toledo, (2003)**, El brócoli es una dicotiledónea anual perteneciente a la familia Cruciferae, identificándose con el nombre de *Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck. Esta hortaliza guarda una estrecha relación genética con otras que constituyen variedades botánicas dentro de la misma especie *Brassica oleracea* L.

Reino : Plantae

División: Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Brassicales

Familia: Brassicaceae

Genero : Brassica

Especie : oleracea

Variedad : Imperial

## b. Morfología de la planta

Toledo (2003), menciona que la planta de brócoli se clasifica como herbácea y presenta un tallo principal que tiene un diámetro que oscila entre 2 y 6 cm, y una longitud que varía de 20 a 50 cm.

- **Raíz:** El sistema radicular del brócoli es de tipo principal y robusto, con una raíz principal que puede alcanzar hasta 0,8 m de profundidad en el suelo. Sin embargo, esta raíz suele perderse durante la recolección de las plántulas del semillero. En el campo definitivo, el sistema radicular está compuesto principalmente por raíces adventicias secundarias, terciarias y raicillas, que se concentran mayormente en los primeros 0,4 a 0,6 m de profundidad
- **Tallo:** EL Tallo principal presenta entrenudos cortos con un hábito de desarrollo intermedio La sección superior del tallo está limitada por el crecimiento de la inflorescencia principal. Las únicas bifurcaciones presentes en el tallo son inflorescencias secundarias, que se encuentran ubicadas en los nudos superiores.
- **Hojas:** La hortaliza posee entre 15 y 30 hojas de gran tamaño, con longitudes que alcanzan aproximadamente 50 cm y anchos de 30 cm. La lámina es lobulada, y el pecíolo se presenta más desarrollado que en la col o la coliflor. Además, la superficie de las hojas cuenta con una cutícula cerosa bien formada que les otorga impermeabilidad.
- **Inflorescencia:** La inflorescencia del brócoli, tipo pella, se configura como un corimbo que agrupa numerosas flores, de las cuales las inmaduras son la parte comestible de la planta. Comúnmente, en la región, esta pella se conoce como "cabeza", y el conjunto de flores individuales que se unen al tallo principal se llama florete. Un corimbo está constituido por varios floretes. Aunque la inflorescencia es inicialmente firme y compacta, su consistencia disminuye con el crecimiento de los pedúnculos, la maduración de las flores y la separación de los

floretes. Los corimbos pueden presentar distintas tonalidades de verde, que dependen del cultivar.

- **Flor:** Las flores del brócoli son perfectas y poseen simetría actinomorfa. Cuentan con cuatro pétalos libres de color amarillo, organizados en forma de cruz, lo que es típico de las crucíferas. La polinización, debido a problemas de autoincompatibilidad, se lleva a cabo principalmente de manera cruzada, facilitada por insectos como las abejas y las moscas.
- **Fruto:** La planta produce un fruto de tipo silicua con más de 10 semillas que se abren al madurar. Las semillas son pequeñas, con forma redondeada (2 mm de diámetro) y presentan un color que va de marrón oscuro a rojizo. En un gramo de semillas se pueden encontrar entre 180 y 250 semillas.

### c. Fase fenológica

([abcAgro.com](http://abcAgro.com)), hace mención en el desarrollo del brócoli se pueden considerar las siguientes fases:

- **Fase de crecimiento** El desarrollo de la planta se limita a la formación de hojas.
- **Fase de inducción floral:** La planta tras cumplir una cantidad establecida de días con temperaturas bajas inicia la formación de la flor; al mismo tiempo que está ocurriendo esto, la planta sigue brotando hojas de tamaño más pequeño que en la fase de crecimiento.
- **Fase de formación de pella:** la planta en la yema terminal desarrolla una pella y, al mismo tiempo, en las yemas axilares de las hojas.
- **Fase de inducción floral:** Las nuevas pellas que se desarrollan son significativamente más pequeñas que la pella original.
- **Fase de floración,** La formación de una pella en la yema terminal ocurre al mismo tiempo que el desarrollo en las yemas axilares de las hojas.

#### **d. Consideraciones fisiológicas**

El brócoli se considera una planta que prospera en condiciones mesofíticas , originaria de una región subhúmeda y templada, lo que implica la necesidad de temperaturas moderadas, un suministro adecuado de agua, alta humedad relativa y niveles moderados de luz para un crecimiento adecuado. La mayoría de los cultivares actuales no requieren vernalización para inducir la floración y la formación de la cabeza, mientras que algunos cultivares tardíos de Europa, que tienen un uso comercial limitado, requieren bajas temperaturas para producir inflorescencias, siendo de ciclo bianual. (Toledo Hevia, 2003),

#### **e. Factores agro climáticos**

Toledo Hevia, (2003), hace mención de los siguientes factores:

- **Agua.** La naturaleza mesofítica del brócoli implica la necesidad de disponer de agua de buena calidad de manera continua para obtener rendimientos óptimos. La salinidad elevada o la presencia de sustancias tóxicas en el agua de riego reduce su productividad y afecta negativamente su calidad. Esta hortaliza crece mejor en condiciones con elevada humedad ambiental.
- **Suelo.** Los suelos con buena fertilidad, textura media, profundidad y un adecuado drenaje son los ideales para el cultivo de brócoli. También es esencial que el suelo tenga una buena capacidad para retener agua y un elevado contenido de materia orgánica. Factores como un pH neutro y la ausencia de salinidad contribuyen a una producción óptima.
- **Temperatura.** El brócoli se adapta mejor a climas fríos, con un rango de temperatura ideal entre 15 °C y 18 °C. Si las temperaturas bajan a 5 °C, el crecimiento se ve afectado, mientras que por encima de los 24 °C, la calidad disminuye debido a la pérdida de compacidad en la cabeza. Algunos cultivares como 'Packman' pueden producir cosechas en veranos cálidos. En nuestra región, los cultivares anuales de brócoli no requieren vernalización, y aunque la planta

puede resistir heladas ligeras, estas pueden dañar la inflorescencia si ocurren durante el desarrollo de la cabeza.

- **Luz.** Por lo general, este factor no afecta de manera crítica el desarrollo normal del cultivo. Tanto la inducción como la diferenciación floral y la formación de la cabeza ocurren sin depender de la duración del día, lo que indica que es una planta de fotoperíodo neutro. Se obtienen resultados sobresalientes en términos de cantidad y calidad del producto en condiciones de baja luminosidad, como las que se observan en invierno en la Costa Central. Sin embargo, una iluminación excesiva puede ser limitante para el crecimiento y desarrollo del cultivo, ya que a menudo se relaciona con temperaturas elevadas.
- **Cultivares.** Según Toledo Hevia (2003), los cultivares de brócoli más cotizados actualmente en nuestra región son el 'Pirate' y el 'Packman'. El 'Pirate' es el preferido por la agroindustria por su potencial exportador de brócoli congelado, así mismo 'Packman' se destina exclusivamente al consumo fresco. En menor proporción, se cultiva el 'Shogun', también para el mercado de consumo fresco. Otros cultivares que han mostrado un buen rendimiento y calidad en diferentes ensayos del Programa de Investigación en Hortalizas de la UNALM incluyen el 'Green Duke', 'HM Citation' y 'Viking'. Este último, caracterizado por su cabeza compacta y flores pequeñas, está ganando popularidad en la industria de congelado. Asimismo, el cultivar 'Marathon' se destacó en pruebas de campo realizadas en la Estación Experimental Donoso-CICH-KM en Huaral. Todos estos cultivares son híbridos de alto rendimiento, capaces de producir entre 10 y 16 toneladas por hectárea, y se caracterizan por tener cabezas bien desarrolladas, compactas y de un color verde intenso o azulado.

### **3.2.2. *Brocoli imperial***

El brócoli Imperial (*Brassica oleracea* var. Imperial) es una variedad de brócoli reconocida por su alta calidad y rendimiento. Es apreciada por su vigor, resistencia a

enfermedades y producción uniforme de cabezas compactas y bien formadas, con una estructura firme y de color verde intenso. Esta variedad es adecuada tanto para el mercado fresco como para el procesamiento, destacándose por su adaptabilidad a diversas condiciones climáticas (**Horticulture Innovation Australia, 2021**).

#### **Características cualitativas**

- a) Características de planta: Planta robusta y de tamaño intermedio.
- b) Características de inflorescencia: Inflorescencia compacta, de tamaño mediano, pesada, con granos de fino a medio y de color verde oscuro.
- c) Posición de las hojas: Hojas en posición erecta.
- d) Condiciones climáticas: Cultivo adaptado a climas cálidos y moderados.

#### **Características cuantitativas**

- a) Periodo vegetativo: Cultivo de ciclo precoz, con cosecha entre 60 y 70 días después del trasplante, según la radiación y la temperatura.
- b) Consumo de semillas por hectárea: Se recomienda un uso de 35,000 semillas por hectárea.
- c) Pureza física: 99.9%, aunque pueden existir variaciones según el lote..
- d) Porcentaje de germinación: 99.9%, con posibles variaciones dependiendo del lote.
- e) Tratamiento realizado: Semillas tratadas con una solución de 0.2% de thiram.

#### **Recomendaciones del cultivo**

Se sugiere mantener una población aproximada de 35,000 plantas por hectárea. La separación ideal entre surcos debe estar entre 0.70 y 0.75 metros, mientras que entre las plantas, debe ser de 0.40 metros. Es recomendable sembrar en suelos ricos en materia orgánica. También se aconseja usar una fórmula de fertilización de 220-120-180.

## **Ácidos húmicos**

Baldotto & Baldotto, (2014), los ácidos húmicos son compuestos orgánicos de estructura compleja que se forman por la descomposición de la materia orgánica. Tienen un efecto directo en la fertilidad del suelo y juegan un papel importante en su estabilidad, mejorando la absorción de nutrientes y, en consecuencia, promoviendo un crecimiento excepcional de las plantas.

### **Fuentes de ácidos húmicos**

Los ácidos húmicos son moléculas orgánicas complejas presentes en la materia orgánica del suelo y desempeñan un papel esencial en la capacidad del suelo para ser fértil y el bienestar de las plantas. Estos compuestos provienen de la descomposición de restos vegetales y animales a lo largo del tiempo y están presentes en diversas fuentes naturales como el suelo, la turba, el compost y la leonardita. Cada una de estas fuentes contribuye de manera significativa al contenido de ácidos húmicos en el suelo, influyendo en su capacidad para sostener la vida vegetal.

El suelo es la fuente primaria de ácidos húmicos, formados a través del proceso de humificación, donde los residuos orgánicos se descomponen y se transforman en humus. Estos ácidos son fundamentales para la estructura del suelo, la retención de nutrientes y la capacidad de intercambio catiónico, lo que mejora tanto la fertilidad del suelo como el crecimiento de las plantas (Stevenson, 1994). En adición al suelo, la turba es otra fuente rica en ácidos húmicos. La turba se forma en ambientes húmedos donde la materia orgánica se acumula y se descompone lentamente, produciendo ácidos húmicos que son comúnmente utilizados en la producción de fertilizantes orgánicos debido a su alta concentración de materia húmica (Kögel-Knabner, 2002).

El compostaje de residuos orgánicos también genera ácidos húmicos. En el proceso de compostaje, los microorganismos se encargan de descomponer la materia orgánica, produciendo ácidos húmicos que mejoran la calidad del compost y su valor como enmienda del suelo (Chen & Aviad, 1990). Una de las fuentes más destacadas de ácidos

húmicos es la leonardita, un tipo de lignito blando que ha sido oxidado y es rico en estos ácidos. La leonardita se utiliza ampliamente en la agricultura como fuente de ácidos húmicos debido a su alta concentración y capacidad para optimizar las características físicas, químicas y biológicas del suelo. (Muscolo et al., 2013).

Los ácidos húmicos son vitales en la agricultura sostenible debido a su capacidad para optimizar la estructura del suelo, incrementar la capacidad de retención de agua y favorecer el desarrollo de las raíces. Además, estos ácidos facilitan la absorción de nutrientes por las plantas y pueden mitigar los efectos negativos de la salinidad y otros factores de estrés ambiental (Canellas et al., 2015). Por lo tanto, la comprensión de las fuentes de ácidos húmicos y su manejo adecuado es crucial para mejorar la productividad agrícola y mantener la salud del suelo.

#### **Tipos de ácidos húmicos:**

##### **a. Forta 15**

Company, (2023), es una enmienda orgánica obtenida a partir de leonardita, el cual optimiza los aspectos físicoquímicos y biológicas del suelo, logrando incrementar la capacidad de enraizamiento, mejora la asimilación de nutrientes, logra bajar el pH del suelo, reduce la salinidad del suelo; por tanto logra una mejora en el cultivo. Forta 15 es un producto totalmente orgánico. puede aplicarse por vía foliar y con mejor resultados vía fertirrigación.

#### **Recomendaciones de uso**

Forta 15 se utiliza para todos los cultivos, añadir el producto al sistema de riego para su posterior aplicación (fertirrigación), para aplicación foliar mezclar el producto con la cantidad de agua según la dosis recomendada, la dosis de aplicación es de:

- Foliar: 2 a 4 litros/hectárea (según importancia de la etapa fenológica del cultivo).
- Dosis por mochila 150 ml/ mochila 20 litros.
- Fertirriego: 10 litros/hectárea (según importancia de la etapa fenológica del cultivo).

## **b. Humitech**

Farmagro, (2023b), Humitech es un líquido formado por ácidos húmicos y fúlvicos, completamente activos, que se extraen de Leonardita natural cuidadosamente seleccionada. Este producto tiene un alto contenido de materia orgánica, lo que incrementa la fertilidad del suelo, la efectividad del fertilizante y su capacidad de absorción, además de acelerar la germinación de las semillas. Aumenta la actividad de microorganismos como hongos, bacterias y actinobacterias, generando un equilibrio dinámico en los suelos mediante los ácidos húmicos y facilitando el movimiento de nutrientes a las plantas a través de sus raíces gracias a los ácidos

En la planta, Humitech ejerce un efecto positivo en las raíces, favoreciendo el desarrollo del sistema radicular, mejorando su permeabilidad y capacidad de absorción. Esto conduce a una mejora general en el aspecto de la planta y a una mayor vivacidad en las flores de los cultivos ornamentales. Además, las sustancias húmicas influyen en el contenido y la distribución de azúcares, mejorando la calidad de los frutos y flores y favoreciendo la resistencia al marchitamiento

### **Recomendaciones de uso**

Hortalizas: Ajos, cebollas, brócoli, coliflor, espinacas, repollo, apio, poro, rábanos, nabos, lechugas, tomates, pepinillos, melones, sandías, pimientos paprika, jalapeños, pimientos y espárragos.

### **Dosis de aplicación**

- Para la fertirrigación, se aconseja un rango de 30 a 60 litros por hectárea, con 3 a 5 aplicaciones cada 15 a 20 días. En cuanto a la aplicación foliar, la dosis recomendada es de 4 litros por hectárea
- Vía foliar 2 a 4 Lts/Ha y por mochila 150 ml/ 20 litros.
- Momentos de uso. En primer lugar, luego de que la plántula se haya adaptado al campo definitivo y haya completado su fase de emergencia y desarrollo inicial, se deben repetir las aplicaciones cada 15 a 20 días.

### **2.1.1. Algas marinas**

**Hortus, (2023)**, menciona que los extractos de algas marinas se utilizan en la agricultura y la horticultura como bioestimulantes, suplementos nutricionales o fertilizantes. Como biofertilizantes, se comercializan en extractos líquidos o en polvo, y su aplicación puede ser tanto foliar como directa al suelo. Estos extractos contienen sustancias bioactivas como vitaminas, minerales, reguladores del crecimiento y coloides mucilaginosos (agar, ácido algínico, manitol), que ayudan a mantener la humedad y los nutrientes en el suelo. Estudios previos muestran que las algas marinas mejoran la actividad microbiana del suelo, incrementando la disponibilidad de nutrientes para las plantas, reduciendo la compactación y mejorando la aireación y retención de agua. También promueven una mayor biodiversidad microbiana y un crecimiento radicular óptimo. Las algas marinas, al incinerarse, dejan un residuo de cenizas superior al de otras plantas, lo que evidencia un mayor contenido en metabolitos y enzimas, aportando así un extra enzimático al suelo y las plantas.

#### **Tipos de algas marinas:**

##### **a. Algax (Extracto de algas marinas)**

Algax® es un extracto líquido de algas marinas que recuperan las plantas sometidas a situaciones adversas (estrés). Se distingue por su alta asimilación por las plantas, funcionando como un suplemento orgánico y regulador fisiológico que mejora la absorción de otros macro y microelementos.

El Algax, un extracto de algas marinas, es un valioso aliado en la agricultura debido a sus múltiples funciones beneficiosas para las plantas y el suelo. Una de sus principales ventajas es su capacidad como fertilizante orgánico, proporcionando nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y oligoelementos. Esto mejora significativamente la fertilidad del suelo y promueve un crecimiento saludable y equilibrado de las plantas. Otra función destacada del Algax es su papel como promotor del crecimiento. Los compuestos bioactivos presentes en este extracto, como auxinas,

citocininas y giberelinas, estimulan la germinación de semillas, el desarrollo radicular y el crecimiento de tallos y hojas. Esto resulta en plantas más robustas y resistentes. Además, el Algax contribuye a mejorar la salud del suelo. Enriquece el suelo con microorganismos beneficiosos, aumenta la materia orgánica y mejora su estructura. Esto facilita la absorción de agua y nutrientes, creando un ambiente óptimo para el crecimiento de las plantas. El Algax también ayuda a las plantas a desarrollar resistencia a condiciones adversas como la sequía, la salinidad, temperaturas extremas y contaminación. Mejora su resistencia y resiliencia, permitiéndoles prosperar en entornos desafiantes. Asimismo, actúa como bioestimulante, estimulando la producción de metabolitos secundarios en plantas. Esto mejora significativamente su calidad y valor nutricional, lo que es especialmente valioso en cultivos destinados para consumo humano.

#### **Recomendación de uso**

Se sugiere aplicar una dosis de 1 a 2 litros por hectárea y 75 ml/mochila de 20 litros, en diversos cultivos:

- Hortalizas: Repollo, cebolla, pimiento, pimiento rojo, entre otros.
- Frutales: Mango, uva, manzano, aguacate, naranjo, entre otros.
- Cucurbitáceas: Calabaza, melón, sandía, pepino, entre otros.
- Alimenticios: Papa, batata, espárrago, alcachofa, entre otros.
- Industriales: Quinoa, algodón, caña de azúcar, tabaco, entre otros.
- Ornamentales: Clavel, rosal, gladiolos, césped, etc

#### **b. ficomar - Extracto de algas (*Ascophyllum nodosum*)**

**Farmagro, (2023)**, Ficomar es un concentrado que contiene extractos de algas marinas *Ascophyllum nodosum*, que funcionan como activadores de los procesos fisiológicos en los cultivos a lo largo de todo su ciclo vegetativo. Las citoquininas en la formulación de Ficomar generan un efecto bioactivador observable en la división celular, el aumento en la producción de carbohidratos y proteínas, y una síntesis notable de clorofila, lo que resulta en una intensificación de la fotosíntesis. Además, inhiben ciertas

reacciones catabólicas que provocan la degradación de la clorofila y el envejecimiento de los cultivos en general.

Ficomar, un extracto natural de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*), es un valioso aliado en agricultura para mejorar la salud y productividad de las plantas. Desempeña múltiples funciones clave: actúa como fertilizante orgánico, proporcionando nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio para mejorar la fertilidad del suelo y promover un crecimiento saludable. Además, estimula la germinación de semillas, el desarrollo radicular y el crecimiento de tallos y hojas mediante compuestos bioactivos como auxinas, citocininas y giberelinas. Mejora la salud del suelo enriqueciéndolo con microorganismos beneficiosos, aumentando la materia orgánica y mejorando su estructura para facilitar la absorción de agua y nutrientes. También ayuda a las plantas a desarrollar resistencia a condiciones adversas como sequía, salinidad, temperaturas extremas y contaminación. Finalmente, actúa como bioestimulante, impulsando la producción de metabolitos secundarios para mejorar la calidad y valor nutricional de las plantas.

### **Recomendaciones de uso**

En hortalizas se incluyen cebolla, col, acelga, frejol, pimiento, brócoli, ají, lenteja, alcachofa, espárrago, zapallo, pepino, papa, tomate, arveja, lechuga, sandía y páprika, la dosis de aplicación es de 200 – 400 ml/cilindro de 200 litros, 30 ml/mochila de 20 litros de 2 a 3 aplicaciones.

### **3.3. Definición de términos**

1. **Cultivo.** Diccionario, (2023), El cultivo implica la acción de sembrar semillas en el terreno y llevar a cabo las tareas requeridas para cosechar sus frutos. Se trata de trabajar la tierra para fomentar el crecimiento de diversas especies vegetales. Asimismo, el término se usa para describir los métodos agrícolas aplicados en la plantación de alimentos.

2. **Brócoli.** Toledo, (2003), el brócoli, también denominado brécol en algunos países hispanohablantes, es una hortaliza de la familia de las crucíferas, junto con el repollo, el coliflor y el nabo. Se conocen más de 3,000 especies que habitan en regiones templadas o frías. Este vegetal es notable por su alto contenido de vitaminas y minerales en comparación con otras crucíferas, destacándose en vitamina A (en forma de beta-carotenos), vitamina C, ácido fólico, potasio y hierro.
3. **Ácidos húmicos.** Baldotto y Baldotto, (2014), los ácidos húmicos son compuestos orgánicos complejos que se generan a partir de la descomposición de materia orgánica. Tienen un impacto directo en la productividad del suelo y juegan un papel importante en su estabilidad, afectando la absorción de nutrientes y, como resultado, promoviendo un crecimiento sobresaliente de las plantas.
4. **Algas marinas.** Medjdoub, (2020), Las algas marinas son un componente esencial de la ecología y el ambiente costero. Durante muchos siglos, las zonas agrícolas próximas a estas áreas han sido enriquecidas con algas marinas, ya que son una fuente valiosa de materia orgánica para una variedad de suelos y cultivos tanto frutales como hortícolas.
5. **Fertilización.** *Fernandez, (2001.* Proveer los nutrientes requeridos es lo que define la fertilización, permitiendo que las plantas sean plenamente productivas en cantidad y calidad. Esto incluye mejorar las deficiencias de micronutrientes para maximizar la rentabilidad de los cultivos. Para conseguirlo, es crucial aplicar los fertilizantes en función de las necesidades específicas de las plantas, utilizando la dosis precisa, en el tiempo correcto y de la forma más efectiva.
6. **Rendimiento del brócoli imperial.** Bornewasser et al., (2018), indica que bajo las condiciones analizadas, el brócoli cv. Imperial logrará un rendimiento más alto al sembrar 41,667 plantas por hectárea, mientras que la mejor calidad se alcanzará con una densidad de 20,833 plantas por hectárea.

- 7. Fenología de la planta.** Elías Castillo y Francisco Castellvi Sentis (2001) definen la fenología como la ciencia que examina la relación entre los factores climáticos y los ciclos de los seres vivos. En el caso de las plantas, la fitofenología se dedica a estudiar el impacto de las variables meteorológicas en las manifestaciones temporales o estacionales de las mismas.
- 8. Características agronómicas.** Las características agronómicas son atributos relevantes para el cultivo y manejo de las plantas en la agricultura, como el ciclo de vida, el tamaño y forma de la planta, la tolerancia a enfermedades, los requerimientos de suelo y agua, y la producción de frutos y semillas. Estas características son fundamentales para seleccionar variedades de cultivos adecuadas y optimizar la producción agrícola.
- 9. Crecimiento vegetativo.** SCRBBE. (2023), se refiere al aumento en el tamaño y la estructura de una planta que ocurre durante su ciclo de vida, excluyendo la formación de estructuras reproductivas como flores y semillas. Es el proceso mediante el cual una planta se desarrolla y se expande. En esta etapa, la planta atraviesa un período de crecimiento acelerado de sus componentes vegetativos, como hojas, tallos y raíces. Es en esta fase que se define su forma característica y se robustece. En resumen, el crecimiento vegetativo es clave para el desarrollo saludable de las plantas y su habilidad para llevar a cabo funciones esenciales como la fotosíntesis y la absorción de nutrientes.
- 10. Productividad.** Bastida Cañada, O. A. (2023), el brócoli, científicamente denominado *Brassica oleracea* var. *italica*, es un cultivo agrícola que tiene sus raíces en el área mediterránea. Se considera que es una forma domesticada de la col silvestre, que crecía en las regiones costeras de Italia y Grecia. A través de los siglos, esta planta ha sido cultivada selectivamente para desarrollar características deseadas, como tallos tiernos y cabezas florales densas.

## IV. Metodología

### 4.1. Tipo y nivel de investigación

#### A) Tipo de investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación titulada "Efecto de algas marinas y ácidos húmicos en el rendimiento del cultivo de Brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023" se clasifica como experimental. Este tipo de estudio se caracteriza por la manipulación de variables independientes —en este caso, las algas marinas y los ácidos húmicos— para evaluar su efecto sobre la variable dependiente, que es el rendimiento del cultivo de brócoli, en un ambiente controlado.

#### B) Nivel de investigación

La investigación se considera de nivel explicativo, ya que busca identificar y describir las relaciones de causalidad entre las variables independientes y la variable dependiente. La investigación explicativa se enfoca en determinar las causas o razones que explican un fenómeno, en este caso, cómo los tipos de algas marinas y ácidos húmicos afectan la eficiencia en la producción de brócoli (Tamayo y Tamayo, 2013).

#### C) Metodología de la investigación

##### i. Asignación de tratamientos

**Tabla 2:**

*Diseño factorial de dos factores (ácidos húmicos y algas marinas)*

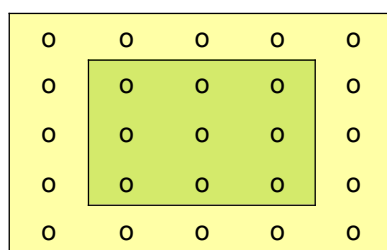
|               |                   | ácidos húmicos |          |                  |
|---------------|-------------------|----------------|----------|------------------|
|               |                   | Forta 15       | Humitech | Sin ácido Húmico |
| algas marinas | Algax             | T1             | T2       | T3               |
|               | Ficomar           | T4             | T5       | T6               |
|               | Sin algas marinas | T7             | T8       | T9               |

Los detalles de los tratamientos se muestra en la siguiente **Tabla**.

**Tabla 3:***Detalle de los tratamientos y número de repeticiones*

| Tratamiento | Detalle de los tratamientos                                 | Repeti<br>ciones |
|-------------|---|------------------|
| T1          | Algax 75ml/mochila de 20L y Forta 15 150ml/mochila de 20L   | 3                |
| T2          | Algax 75ml/mochila de 20L y Humitech 100ml/mochila de 20L   | 3                |
| T3          | Sólo Algax 75ml/mochila de 20L                              | 3                |
| T4          | Ficomar 30ml/mochila de 20L y Forta 15 150ml/mochila de 20L | 3                |
| T5          | Ficomar 30ml/mochila de 20L y Humitech 100ml/mochila de 20L | 3                |
| T6          | Sólo Ficomar 30ml/mochila de 20L                            | 3                |
| T7          | Forta 15 150ml/mochila de 20L                               | 3                |
| T8          | Humitech 100ml/mochila de 20L                               | 3                |
| T9          | Sin ácido húmico  | 3                |
| Total       |   | 27               |

La **Figura (1)** muestra el croquis de la unidad experimental, en la que se visualiza el distanciamiento entre planta, el distanciamiento entre surco y el número de plantas por unidad experimental

**Figura 1:***Croquis de la unidad experimental*

Área del efecto borde

Área de muestreo

Planta

- Distanciamiento entre planta 0.4m
- Distanciamiento entre surco 0.7m
- 25 plantas por unidad experimental

## ii. Especificaciones del área experimental

**Tabla 4:**

*Detalles y dimensiones del área experimental*

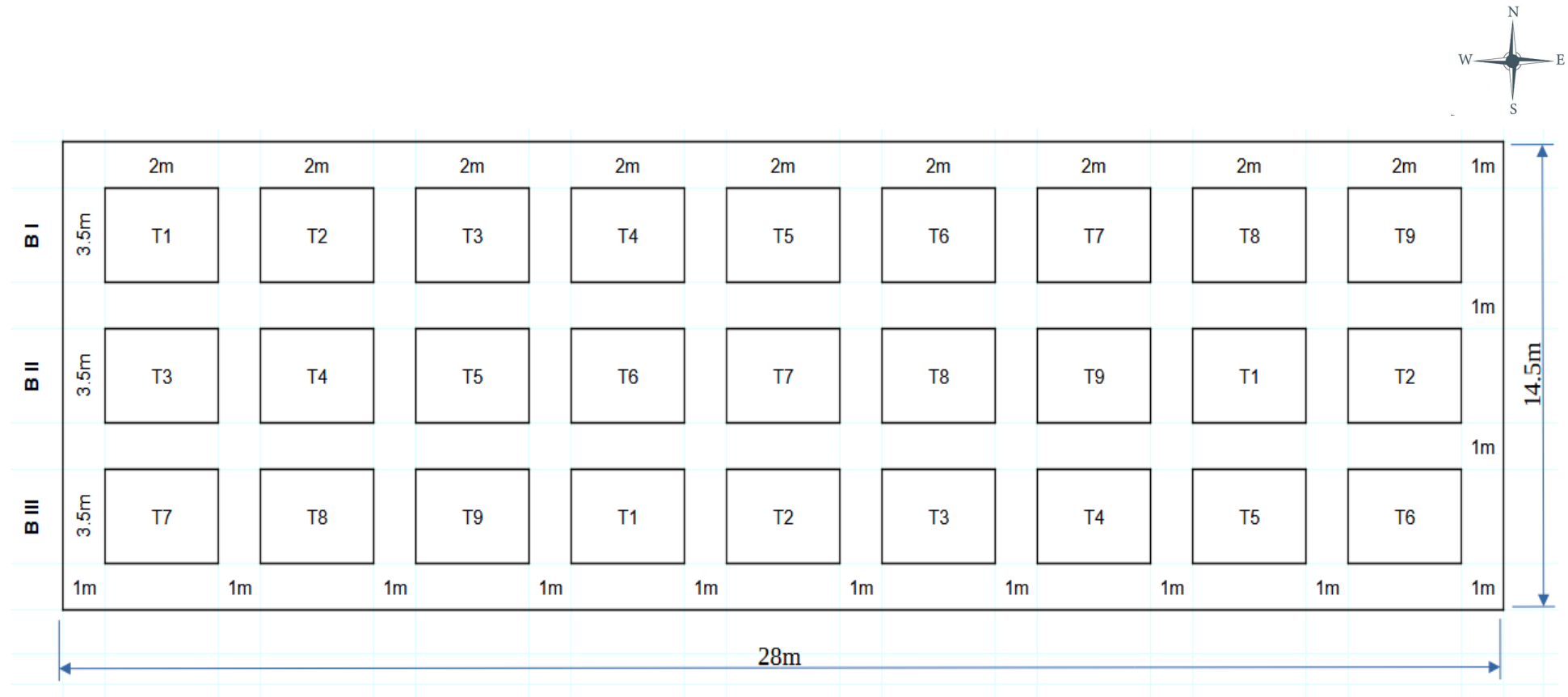
| N.º  | Detalle  | Valor | Unidad         |
|--|--|-------|----------------|
| <b>CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL</b> |  |       |                |
| 1  | Distancia entre planta (horizontal)                              | 0.4   | m              |
| 2  | Distancia entre surcos (vertical)                                | 0.7   | m              |
| 3  | Ancho del pasadizo   | 1     | m              |
| 4  | Golpes por surco de la unidad experimental (horizontal)          | 5     | u              |
| 5  | Surcos por unidad experimental (vertical)                        | 5     | u              |
| 6  | Número de unidades experimentales por largo (horizontal)         | 9     | u              |
| 7  | Número de unidades experimentales por ancho (vertical)           | 3     | u              |
| 8  | Número de plantas por golpe                                      | 1     | u              |
| 9  | Numero de tratamientos (incluido testigo si existe)              | 9     | u              |
| 10   | Numero de repeticiones por tratamientos                          | 3     | u              |
| 11   | Número de plantas por unidad experimental                        | 25    | u              |
| 12   | Número de plantas por tratamiento                                | 75    | u              |
| 13   | Número de golpes por unidad experimental                         | 25    | u              |
| 14   | Largo de la unidad experimental (horizontal)                     | 2     | m              |
| 15   | Ancho de la unidad experimental (vertical)                       | 3.5   | m              |
| 16   | Área de la unidad experimental                                   | 7     | m <sup>2</sup> |
| <b>CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL</b>    |  |       |                |
| 17   | Largo del área experimental (horizontal)                         | 28    | m              |
| 18   | Ancho del área experimental (vertical)                           | 14.5  | m              |
| 19   | Número de unidades experimentales total                          | 27    | u              |
| 20   | Área total   | 406   | m <sup>2</sup> |
| <b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b>                       |  |       |                |
| 21   | Población total  | 675   | u              |
| 22   | Plantas para muestreo por unidad experimental (con efecto borde) | 9     | u              |
| 23   | Número de muestra por unidad experimental                        | 4     | u              |
| 24   | Muestra por tratamiento (3 repeticiones por tratamiento)         | 12    | u              |
| 25   | Muestra total  | 108   | u              |

La **Tabla** (4) muestra los detalles y dimensiones del área experimental.

### iii. Croquis del área experimental

**Figura 2:**

*Croquis del área experimental*



El área experimental está constituida por 27 unidades experimentales como se muestra en la **Figura (2)** y por 9 tratamiento con 3 repeticiones distribuidos con un diseño por bloques completamente aleatorizado (DBCA).

#### **iv. Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado en la investigación "Efecto de algas marinas y ácidos húmicos en el rendimiento del cultivo de Brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023" fue un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). Este diseño es adecuado para experimentos donde existen variaciones en el campo de cultivo que podrían afectar los resultados, permitiendo controlar y reducir la variabilidad entre bloques.

#### **4.2. Ámbito temporal y espacial**

##### **A) Ámbito temporal**

Sabiendo que la duración del ciclo vegetativo del brócoli variedad Imperial es de los 60 a 100 días, y dependiendo de las características genéticas de las variedades, del manejo agronómico, y de las condiciones climatológicas del lugar de plantación, el periodo que duró esta investigación es desde 14 de agosto del 2023 al 01 de enero del 2024, es decir 4 meses

##### **B) Ámbito espacial**

El estudio titulado "Efecto de algas marinas y ácidos húmicos en el rendimiento del cultivo de Brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), Moyocorral – Abancay, 2023" se realizó en el sector de Moyocorral, ubicado en el distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac, Perú. Este sector se encuentra a una altitud de 2586 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas de 13° 37' 30.4" S de latitud y 72° 53' 25.6" W de longitud (Ubigeo: 030101). La ubicación específica de Moyocorral es clave debido a sus características climáticas y edafológicas, que influyen en la respuesta del cultivo de brócoli a los tratamientos experimentales aplicados.

#### **4.3. Población y muestra**

##### **4.3.1. Población**

La población está formada por un total de 675 plantas de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial) distribuidos en el área experimental.

#### **4.3.2. Muestra**

La muestra está formada por 108 plantas de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), es decir 12 plantas de brócoli por tratamiento.

#### **4.3.3. Muestreo**

El muestreo es no probabilístico para eliminar el efecto borde, luego será aleatorio simple, es decir de las 12 plantas de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial) que se tomará aleatoriamente.

#### **4.4. Instrumentos**

El instrumento que se usó es la ficha de observación elaborada específicamente para esta investigación en función de los objetivos planteados (Ver anexo B).

#### **4.5. Procedimiento**

- 1. Almacigado.** Es el proceso productivo donde se realizó en bandejas de plástico con capacidad de 288 celdas, se utilizó el sustrato arena, compost y tierra agrícola. Después de la mezcla se desinfectó el suelo con fungicida benomil.
- 2. Preparación del terreno.** La preparación del suelo se ejecutó una semana antes de manera manual con la utilización de herramientas, como pico, rastillo para la delimitación del área.
- 3. Diseño y distribución de parcelas.** El trazado de las parcelas, sub parcelas y calles se realizó en un área de 406m<sup>2</sup> según el croquis considerando 3 bloques, calles 1m, cada bloque con 9 unidades experimentales.
- 4. Trasplante.** En esta labor se colocó una planta con un distanciamiento de 0.40cm distancia entre plantas y 0.70cm distancia entre surcos, cuando la planta de brócoli presentaba 3 hojas verdaderas a los 34 días.
- 5. Riego.** La frecuencia de riego fue por aspersion, la primera semana el riego fue tres veces por semana seguidamente se efectuó dos veces por semana dependiendo principalmente a las condiciones climáticas.

**6. Recalce.** Se realizó a los 4 días después del trasplante donde algunas plantas fueron atacadas por hormiga.

**7. Aplicación de ácidos húmicos y algas marinas.** Se aplicó los productos comerciales a base de algas marinas y ácidos húmicos a la semana del trasplante luego cada 15 días con la siguiente dosis.

Algas marinas

- Algax: 11.25ml/3litros de agua
- Ficomar: 4.5ml/3litros de agua

Ácidos húmicos

- Forta 15: 22.5ml/3litros de agua
- Humitech: 15ml/3litros de agua

**8. Aporque.** Esta labor se ha desarrollado a los 49 días después del trasplante con 30cm de altura, luego se repitió el segundo aporque a los 15 días con 37cm de altura.

**9. Control fitosanitario.** Durante el proceso de crecimiento del cultivo de brócoli se evaluó de manera constante la presencia de las plagas y enfermedades donde se pudo identificar la polilla de las crucíferas (*Plutella xylostella*) es un insecto del orden lepidóptero, en la fase de larvas son más destructivas se alimentan vorazmente de las hojas del brócoli, creando perforaciones características. Para el control de esta plaga se realizó el control etológico donde se emplearon trampas amarillas y blancas untadas con temo cid siendo los colores atractivos para la polilla. También se observó la presencia de la enfermedad pudrición radicular (*phytium* sp) causado por un hongo, los síntomas que presentan las plántulas son necrosis de las raíces, pudrición en base del cuello, estrangulamiento del tallo a nivel del suelo, una leve marchitez y clorosis de las hojas, posteriormente las plántulas mueren, para su control se utilizó el fungicida bactericida Python (sulfato de cobre pentahidratado) 50ml/20lt.

**10. Cosecha.** La cosecha del brócoli imperial se realizó en 5 partes cuando la mayoría de las pellas de brócoli han completado su madurez fisiológica, donde presenta una cabeza o pella de forma domo alto de un color atractivo verde azulado y compacto. En la primera cosecha se observó las pellas con mayor tamaño y peso con un promedio de 0.540gr, de la misma forma en la segunda y tercera cosecha las pellas presentaron un buen diámetro de pella y un peso de 0.480gr, seguidamente la cuarta cosecha fue con un peso de 0.380gr, por último tenemos la cosecha de las pellas que fueron de menor tamaño con un peso de 0.310gr.

- **Recolección de Datos:** Los datos se recopilaron en campo a partir de las mediciones de la variable dependiente, que en este caso fue el rendimiento del cultivo de brócoli. Las mediciones incluyeron el peso total de las cabezas de brócoli cosechadas en cada parcela experimental, así como la anotación de otras características agronómicas relevantes.
- **Organización de Datos:** Los datos recolectados se organizaron en tablas de registro que incluían las parcelas experimentales, los tratamientos aplicados (diferentes tipos de algas marinas y ácidos húmicos), y las mediciones obtenidas. Esta organización permitió una fácil visualización y manejo de la información.
- **Etiquetado de parcelas:** Cada tratamiento y parcela fue etiquetado para facilitar su identificación durante el análisis. Esta codificación se utilizó para categorizar y agrupar los datos según los diferentes tratamientos y bloques del diseño experimental.

#### **4.6. Análisis de datos**

- **Análisis Descriptivo:** Calcular medidas descriptivas para cada grupo experimental (con tratamientos y un grupo de control), así como estadísticas como la media, la mediana, la desviación estándar y el rango, para analizar la distribución y la variabilidad de los datos.

- Análisis de Varianza (ANOVA): Se ha utilizado un análisis de varianza de dos factores para evaluar las medias de los diferentes tratamientos (algas marinas, ácidos húmicos, combinación de ambos y grupo de control), con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas en el rendimiento del cultivo de brócoli entre los distintos grupos. Este análisis se realizó con el software RStudio.
- Pruebas de comparación múltiple: Si el ANOVA revela diferencias significativas entre los tratamientos, se llevan a cabo pruebas de comparación múltiple de medias para un análisis más detallado en este caso es la prueba de Tukey, para identificar qué tratamientos son diferentes entre sí. Se ha utilizado el software Rstudio.

#### **4.7. Consideraciones éticas**

En esta investigación se ha evitado el conflicto de interés que pueda sesgar los resultados de la investigación o influir en su objetividad. Esto incluye cualquier vínculo financiero, personal o institucional que pueda influir en el diseño, la ejecución o la interpretación de los resultados de la investigación.

Por otra parte, el investigador mantiene rigurosos estándares de integridad científica a lo largo de todo el proceso investigativo. Esto implica ser honesto en la presentación de resultados, evitar el fraude y la alteración de datos, y seguir principios éticos y normativas profesionales pertinentes y actualizadas en este campo.

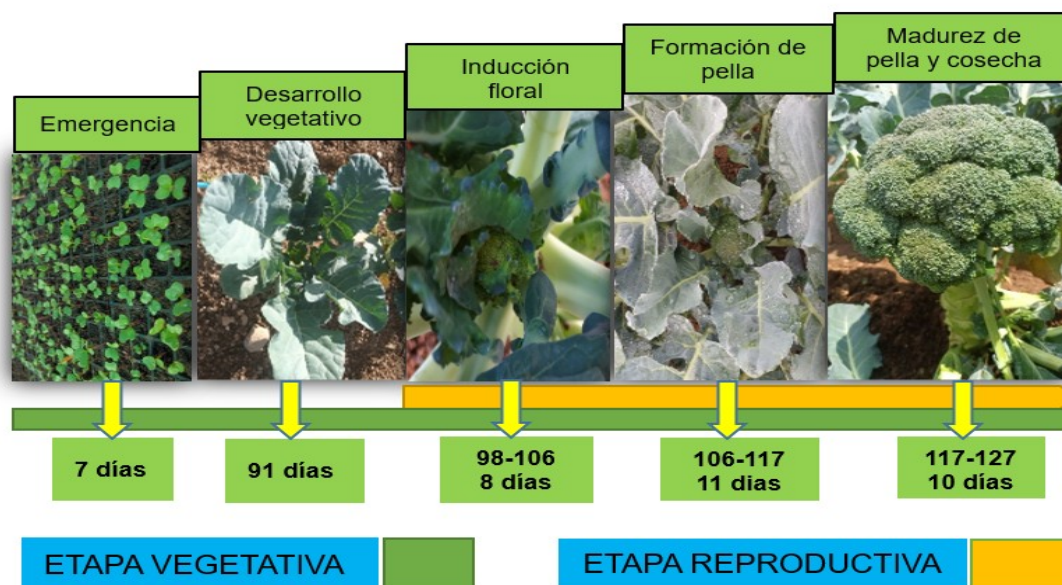
## V. Resultados y discusión

### 5.1. Resultados

#### 5.1.1. Fase fenológica del cultivo de brócoli variedad Imperial

**Figura 3:**

*Fase fenológica del cultivo de brócoli T1 (Algax + Forta 15)*



**Tabla 5:**

*Fase fenológica del cultivo de brócoli T1 (Algax + Forta 15)*

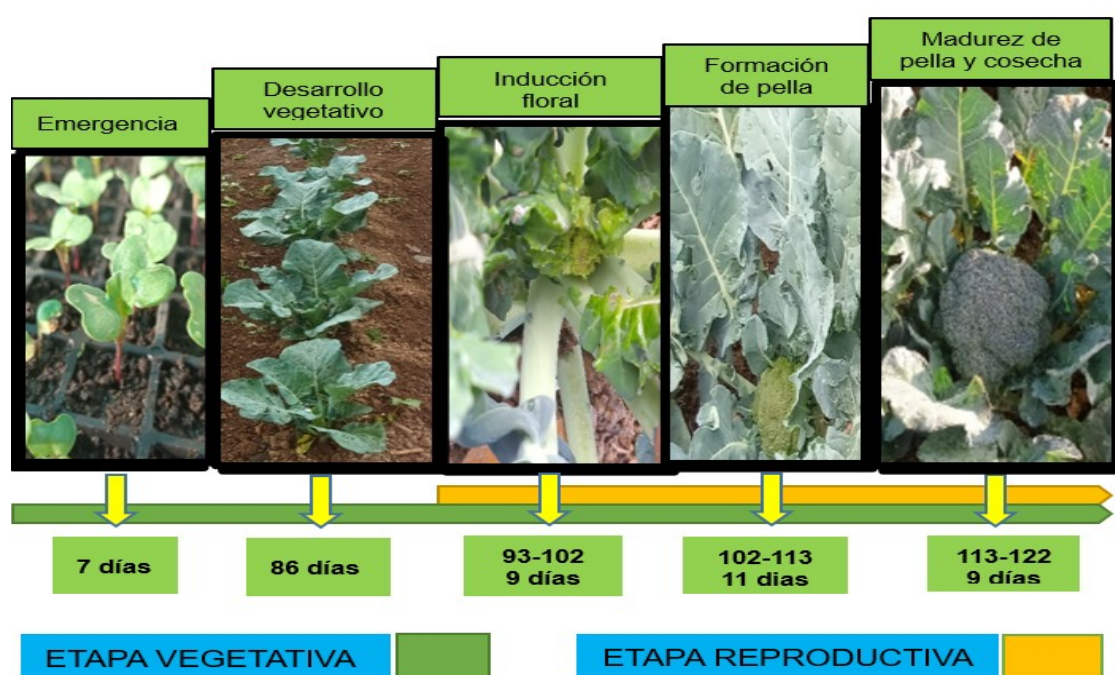
| Fase fenológica                    | Duración de la fase (días) | Edad de la planta (días) |
|------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Emergencia                         | 7                          | 7                        |
| Desarrollo vegetativo de la planta | 91                         | 98                       |
| Inducción floral                   | 8                          | 106                      |
| Formación de pella                 | 11                         | 117                      |
| Madurez de pella y cosecha         | 10                         | 127                      |

La **Tabla (5)** y **Figura (3)** muestra la emergencia de las plantas ocurre en 7 días, seguida por un desarrollo vegetativo de 91 días, inducción floral en 8 días, formación de pella en 11 días y madurez de pella y cosecha en 10 días, alcanzando una edad total de 127 días. Este patrón fenológico indica que la combinación de algas marinas (Algax) y Forta 15 permitirá mejorar la estabilidad y duración del desarrollo vegetativo, ayudando a

mantener un crecimiento robusto y prolongado de las plantas. La inducción floral más rápida de 8 días facilitará una transición eficiente hacia la fase reproductiva, mientras que la formación de pella en 11 días contribuirá a una producción uniforme y de alta calidad de las cabezas de brócoli. Además, la fase de madurez y cosecha de 10 días permitirá una recolección oportuna, asegurando que las pellas alcancen la madurez óptima para maximizar el rendimiento y la calidad del producto final.

**Figura 4:**

*Fase fenológica del cultivo de brócoli T2 (Algax + Humitech)*



**Tabla 6:**

*Fase fenológica del cultivo de brócoli T2 (Algax + Humitech)*

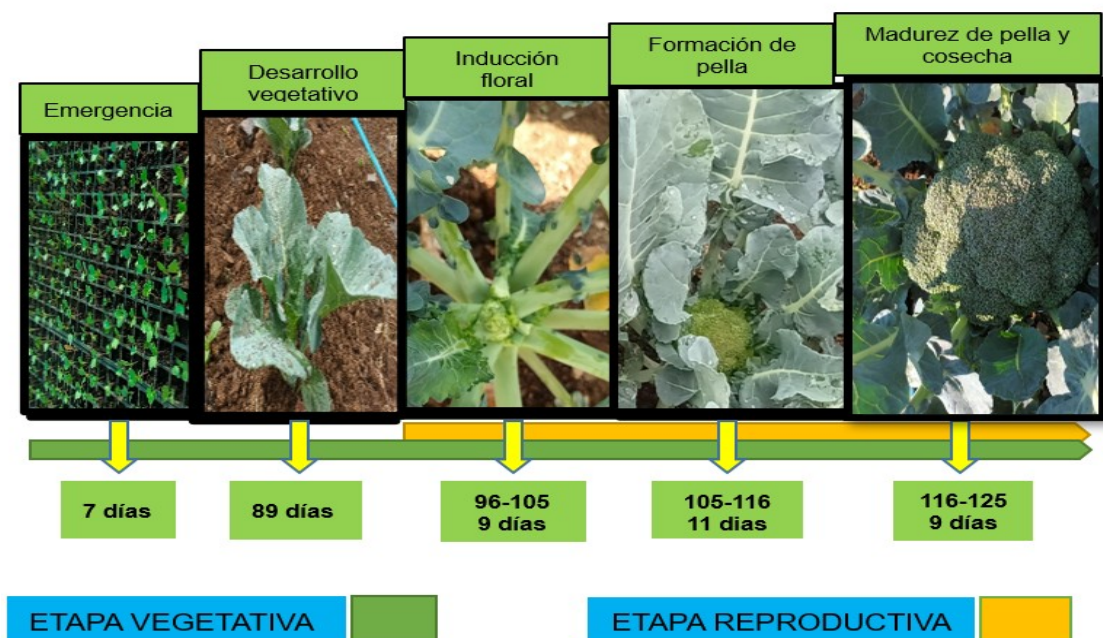
| Fase fenológica                    | Duración de la fase (días) | Edad de la planta (días) |
|------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Emergencia                         | 7                          | 7                        |
| Desarrollo vegetativo de la planta | 86                         | 93                       |
| Inducción floral                   | 9                          | 102                      |
| Formación de pella                 | 11                         | 113                      |
| Madurez de pella y cosecha         | 9                          | 122                      |

La **Tabla (6)** y **Figura (4)** muestra la emergencia de las plantas ocurre en 7 días, seguida de un desarrollo vegetativo de 86 días, inducción floral en 9 días, formación de

pella en 11 días y madurez de pella y cosecha en 9 días, alcanzando una edad total de 122 días. Este patrón fenológico permitirá mejorar la eficiencia del crecimiento vegetativo al reducir ligeramente la duración de esta fase, ayudando a mantener un desarrollo vigoroso y saludable de las plantas. La inducción floral y la madurez de pella en 9 días cada una facilitarán una transición rápida y efectiva hacia la producción de cabezas de brócoli, contribuyendo a una mayor sincronización en el ciclo de cultivo. Además, la duración constante de la formación de pella de 11 días asegurará una producción uniforme y de alta calidad de las cabezas, mientras que la fase de madurez y cosecha de 9 días permitirá una recolección oportuna, garantizando que las pellas alcancen la madurez óptima para maximizar el rendimiento y la calidad del producto final. En conjunto, el uso combinado de Algax y Humitech en el tratamiento T2 incrementará el rendimiento del cultivo de brócoli y promoverá prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes en Moyocorral – Abancay,

**Figura 5:**

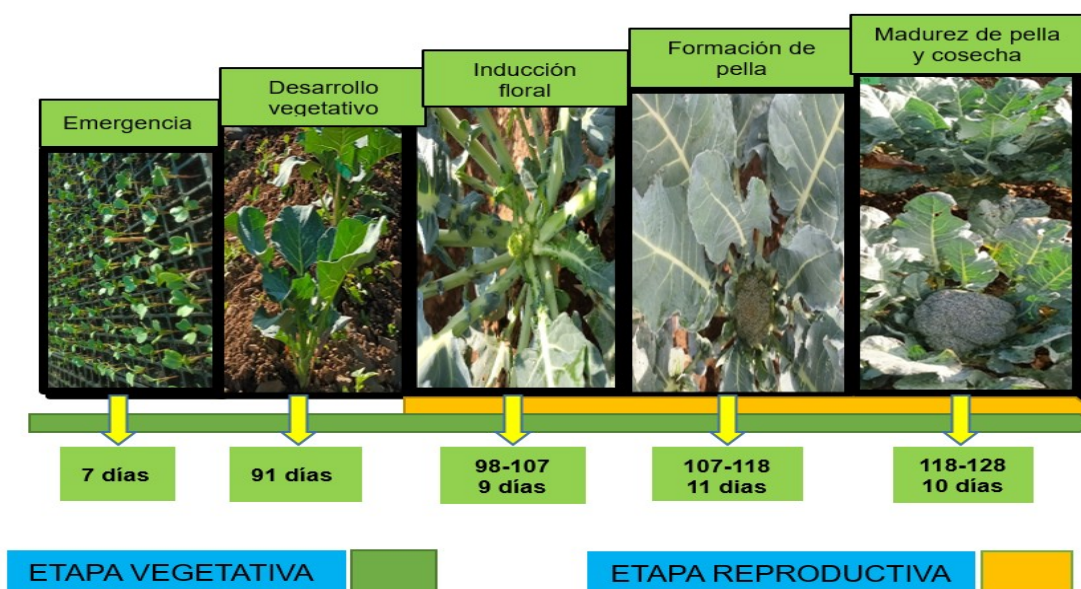
*Fase fenológica del cultivo de brócoli T3 (Sólo Algax)*



**Tabla 7:****Fase fenológica del cultivo de brócoli T3 (Sólo Algax)**

| Fase fenológica                    | Duración de la fase (días) | Edad de la planta (días) |
|------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Emergencia                         | 7                          | 7                        |
| Desarrollo vegetativo de la planta | 89                         | 96                       |
| Inducción floral                   | 9                          | 105                      |
| Formación de pella                 | 11                         | 116                      |
| Madurez de pella y cosecha         | 9                          | 125                      |

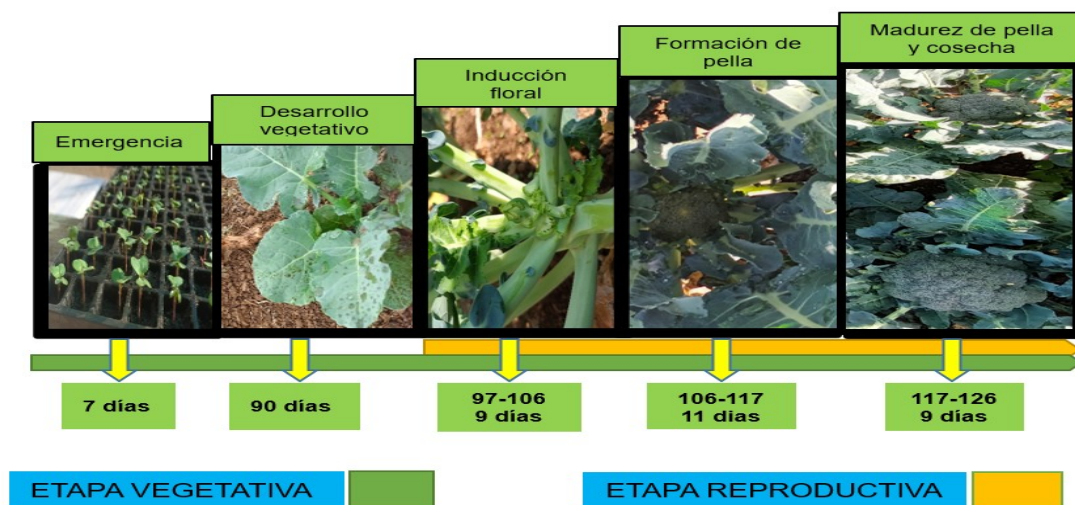
La **Tabla (7)** y **Figura (5)** muestra la emergencia de las plantas ocurre en 7 días, seguida por un desarrollo vegetativo de 89 días, inducción floral en 9 días, formación de pella en 11 días y madurez de pella y cosecha en 9 días, alcanzando una edad total de 125 días. Esta estructura fenológica indica que el uso de algas marinas (Algax) permitirá mejorar la rapidez de la emergencia y facilitará un crecimiento vegetativo sostenido, lo que ayudará a desarrollar plantas más robustas y saludables. Además, la eficiencia en las fases de inducción floral y formación de pella sugiere que Algax contribuirá a una transición más ágil hacia la producción de cabezas, optimizando el ciclo de cultivo y incrementando la uniformidad y calidad del brócoli.

**Figura 6:****Fase fenológica del cultivo de brócoli T4 (Forta 15+ Ficomar)**

**Tabla 8:****Fase fenológica del cultivo de brócoli T4 (Forta 15+ Ficomar)**

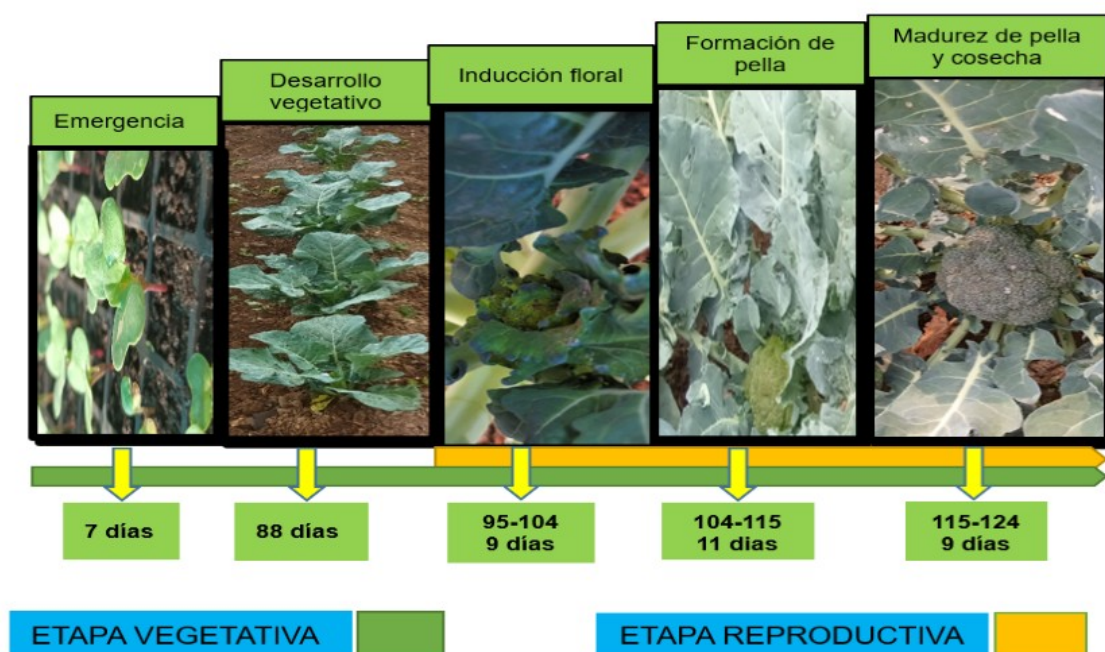
| Fase fenológica                    | Duración de la fase (días) | Edad de la planta (días) |
|------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Emergencia                         | 7                          | 7                        |
| Desarrollo vegetativo de la planta | 91                         | 98                       |
| Inducción floral                   | 9                          | 107                      |
| Formación de pella                 | 11                         | 118                      |
| Madurez de pella y cosecha         | 10                         | 128                      |

La **Tabla (8)** y **Figura (6)** muestra la emergencia de las plantas ocurre en 7 días, seguida de un desarrollo vegetativo de 91 días, inducción floral en 9 días, formación de pella en 11 días y madurez de pella y cosecha en 10 días, alcanzando una edad total de 128 días. Este ciclo fenológico permitirá mejorar la estabilidad y duración del desarrollo vegetativo, ayudando a mantener un crecimiento robusto y eficiente de las plantas. La inducción floral y la formación de pella en períodos de 9 y 11 días respectivamente facilitarán una transición efectiva hacia la producción de cabezas de brócoli, contribuyendo a una mayor uniformidad y calidad del cultivo. Además, la fase de madurez y cosecha de 10 días permitirá una recolección oportuna, asegurando que las pellas alcancen la madurez óptima para maximizar el rendimiento y la calidad del producto final.

**Figura 7:****Fase fenológica del cultivo de brócoli T5 (Humitech + Ficomar)**

**Figura 8:**

Fase fenológica del cultivo de brócoli T6 (Sólo Ficomar)

**Tabla 9:**

Fase fenológica del cultivo de brócoli T5 (Humitech + Ficomar)

| Fase fenológica                    | Duración de la fase (días) | Edad de la planta (días) |
|------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Emergencia                         | 7                          | 7                        |
| Desarrollo vegetativo de la planta | 90                         | 97                       |
| Inducción floral                   | 9                          | 106                      |
| Formación de pella                 | 11                         | 117                      |
| Madurez de pella y cosecha         | 9                          | 126                      |

La **Tabla (9)** y **Figura (7)** muestra la emergencia de las plantas ocurre en 7 días, seguida de un desarrollo vegetativo de 90 días, inducción floral en 9 días, formación de pella en 11 días y madurez de pella y cosecha en 9 días, alcanzando una edad total de 126 días. Este ciclo fenológico permitirá mejorar la eficiencia del crecimiento vegetativo al mantener una duración equilibrada de 90 días, ayudando a sostener un desarrollo vigoroso y saludable de las plantas. La inducción floral y la madurez de pella en 9 días cada una facilitarán una transición rápida y efectiva hacia la producción de cabezas de brócoli, contribuyendo a una mayor sincronización en el ciclo de cultivo. Además, la formación de pella de 11 días asegurará una producción uniforme y de alta calidad de las

cabezas, mientras que la fase de madurez y cosecha de 9 días permitirá una recolección oportuna, garantizando que las pellas alcancen la madurez óptima para maximizar el rendimiento y la calidad del producto final.

**Tabla 10:**

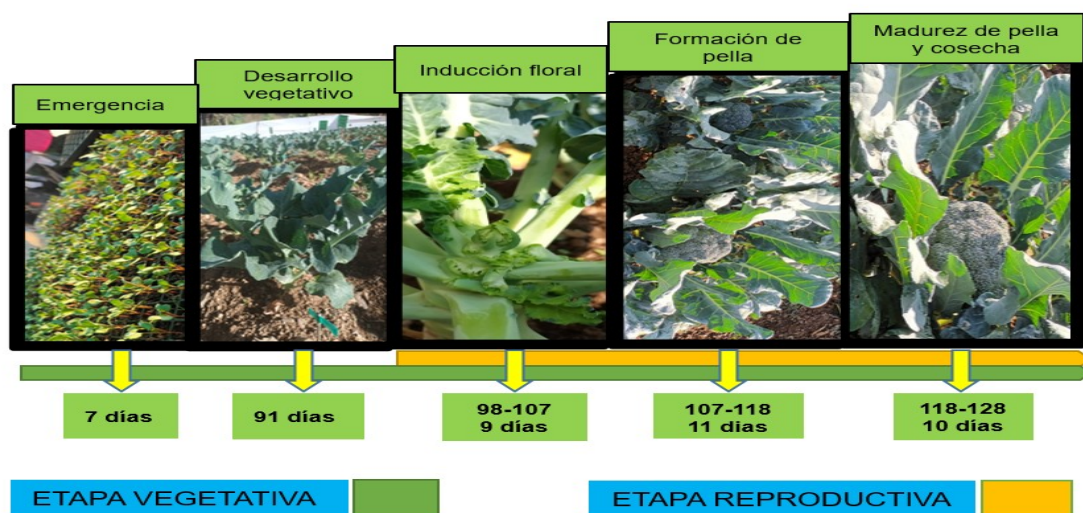
*Fase fenológica del cultivo de brócoli T6 (Sólo Ficomar)*

| Fase fenológica                    | Duración de la fase (días) | Edad de la planta (días) |
|------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Emergencia                         | 7                          | 7                        |
| Desarrollo vegetativo de la planta | 88                         | 95                       |
| Inducción floral                   | 9                          | 104                      |
| Formación de pella                 | 11                         | 115                      |
| Madurez de pella y cosecha         | 9                          | 124                      |

La **Tabla (10)** y **Figura** (Error: no se encontró el origen de la referencia) muestra la emergencia de las plantas ocurre en 7 días, seguida de un desarrollo vegetativo de 88 días, inducción floral en 9 días, formación de pella en 11 días y madurez de pella y cosecha en 9 días, alcanzando una edad total de 124 días. Este ciclo fenológico permitirá mejorar la eficiencia del crecimiento vegetativo al mantener una duración equilibrada de 88 días, ayudando a sostener un desarrollo vigoroso y saludable de las plantas. La inducción floral y la madurez de pella en 9 días cada una facilitarán una transición rápida y efectiva hacia la producción de cabezas de brócoli, contribuyendo a una mayor sincronización en el ciclo de cultivo.

**Figura 9:**

*Fase fenológica del cultivo de brócoli T7 (Forta 15)*

**Tabla 11:**

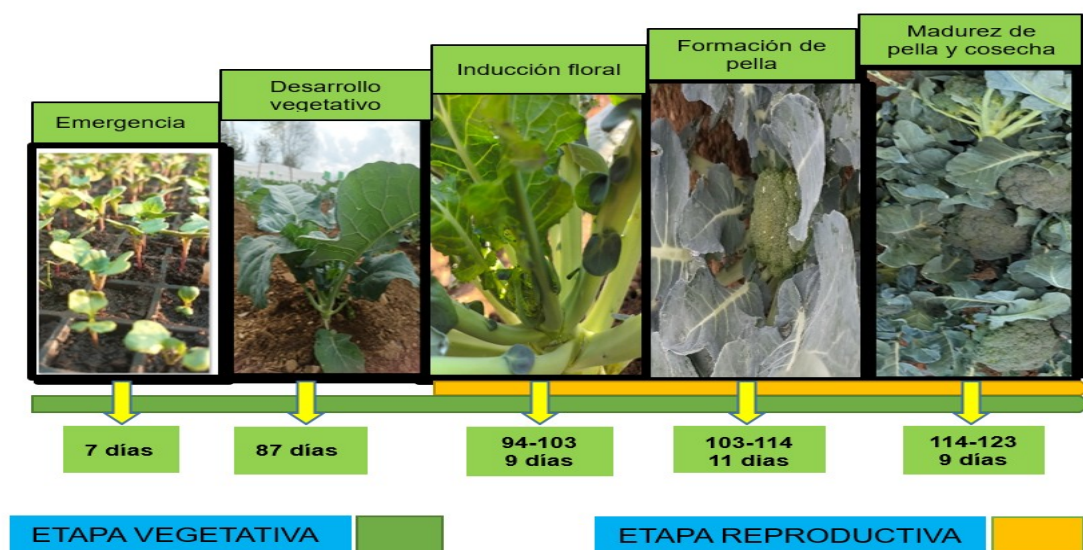
*Fase fenológica del cultivo de brócoli T7 (Forta 15)*

| Fase fenológica                    | Duración de la fase (días) | Edad de la planta (días) |
|------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Emergencia                         | 7                          | 7                        |
| Desarrollo vegetativo de la planta | 91                         | 98                       |
| Inducción floral                   | 9                          | 107                      |
| Formación de pella                 | 11                         | 118                      |
| Madurez de pella y cosecha         | 10                         | 128                      |

La **Tabla (11)** y **Figura (9)** muestra la emergencia de las plantas ocurre en 7 días, seguida de un desarrollo vegetativo de 91 días, inducción floral en 9 días, formación de pella en 11 días y madurez de pella y cosecha en 10 días, alcanzando una edad total de 128 días. Este ciclo fenológico permitirá mejorar la estabilidad y duración del desarrollo vegetativo, ayudando a mantener un crecimiento robusto y eficiente de las plantas. La inducción floral y la formación de pella en períodos de 9 y 11 días respectivamente facilitarán una transición efectiva hacia la producción de cabezas de brócoli, contribuyendo a una mayor uniformidad y calidad del cultivo. Además, la fase de madurez y cosecha de 10 días permitirá una recolección oportuna, asegurando que las pellas alcancen la madurez óptima para maximizar el rendimiento y la calidad del producto final.

**Figura 10:**

Fase fenológica del cultivo de brócoli T8 (Humitech)

**Tabla 12:**

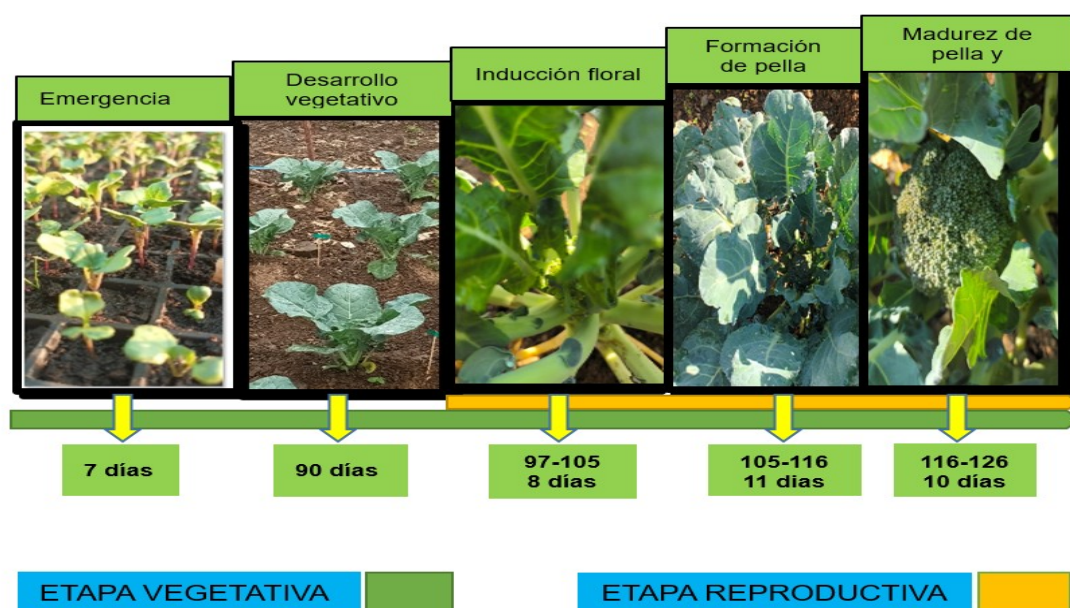
Fase fenológica del cultivo de brócoli T8 (Humitech)

| Fase fenológica                    | Duración de la fase (días) | Edad de la planta (días) |
|------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Emergencia                         | 7                          | 7                        |
| Desarrollo vegetativo de la planta | 87                         | 94                       |
| Inducción floral                   | 9                          | 103                      |
| Formación de pella                 | 11                         | 114                      |
| Madurez de pella y cosecha         | 10                         | 123                      |

La **Tabla** (12) y **Figura** (10) muestra la emergencia de las plantas ocurre en 7 días, seguida de un desarrollo vegetativo de 87 días, inducción floral en 9 días, formación de pella en 11 días y madurez de pella y cosecha en 10 días, alcanzando una edad total de 123 días. Este ciclo fenológico permitirá mejorar la estabilidad y duración del desarrollo vegetativo, ayudando a mantener un crecimiento robusto y eficiente de las plantas. La inducción floral y la formación de pella en períodos de 9 y 11 días respectivamente facilitarán una transición efectiva hacia la producción de cabezas de brócoli, contribuyendo a una mayor uniformidad y calidad del cultivo.

**Figura 11:**

*Fase fenológica del cultivo de brócoli T9 (Sin ácidos húmicos)*

**Tabla 13:**

*Fase fenológica del cultivo de brócoli T9 (Sin ácidos húmicos)*

| Fase fenológica                    | Duración de la fase (días) | Edad de la planta (días) |
|------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Emergencia                         | 7                          | 7                        |
| Desarrollo vegetativo de la planta | 90                         | 97                       |
| Inducción floral                   | 8                          | 105                      |
| Formación de pella                 | 11                         | 116                      |
| Madurez de pella y cosecha         | 10                         | 126                      |

La **Tabla (13)** y **Figura (11)** muestra la emergencia de las plantas ocurre en 7 días, seguida de un desarrollo vegetativo de 87 días, inducción floral en 9 días, formación de pella en 11 días y madurez de pella y cosecha en 10 días, alcanzando una edad total de 123 días. Este ciclo fenológico permitirá mejorar la eficiencia del crecimiento vegetativo al reducir ligeramente la duración de esta fase a 87 días, ayudando a sostener un desarrollo vigoroso y saludable de las plantas. La inducción floral y la madurez de pella en 9 y 10 días respectivamente facilitarán una transición rápida y efectiva hacia la producción de cabezas de brócoli, contribuyendo a una mayor sincronización en el ciclo de cultivo.

Además, la formación de pella de 11 días asegurará una producción uniforme y de alta calidad de las cabezas, mientras que la fase de madurez y cosecha de 10 días permitirá una recolección oportuna, garantizando que las pellas alcancen la madurez óptima para maximizar el rendimiento y la calidad del producto final.

#### a) Emergencia

La emergencia de este cultivo tuvo una duración de 7 días, para esta evaluación se consideró que las plántulas habían emergido cuando mostro los cotiledones perpendiculares al hipocotilo erecto.

$$P.E. = \frac{\text{Número de plantas emergidas}}{\text{Número de semillas sembradas}} * 100 = \frac{795}{800} * 100 = 99.4\%$$

#### b) Desarrollo vegetativo (días)

**Tabla 14:**

*Datos observados del Desarrollo vegetativo (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

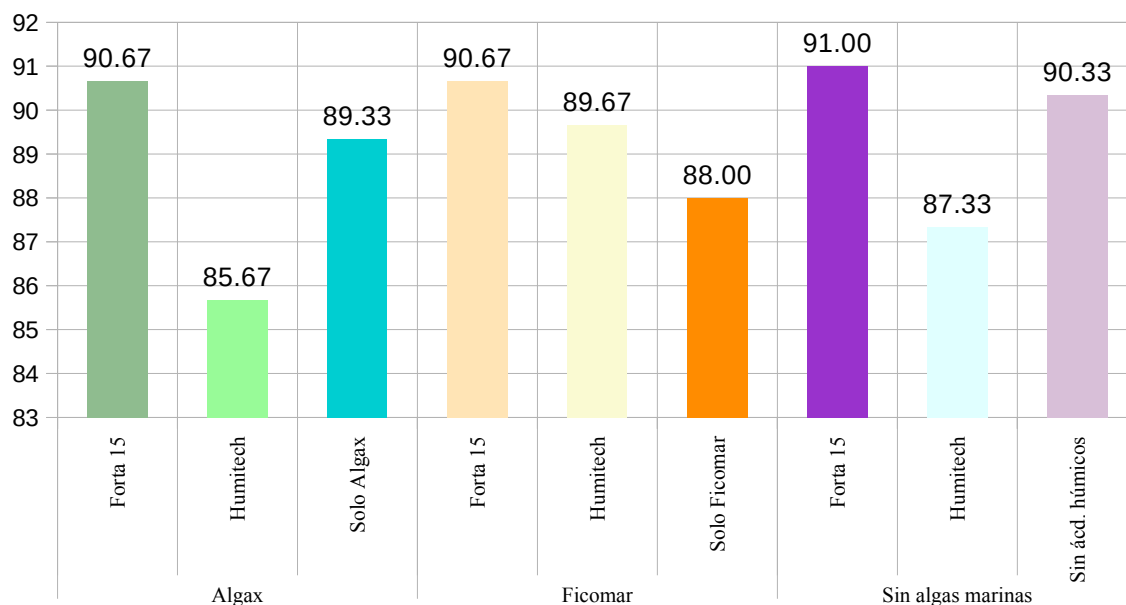
| Crecimiento vegetativo (días) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|-------------------------------|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|                               | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1                            | 97       | 89       | 92         | 89       | 93       | 92           | 95                | 90       | 95                 |
| B2                            | 89       | 88       | 87         | 101      | 89       | 86           | 90                | 90       | 88                 |
| B3                            | 86       | 80       | 89         | 82       | 87       | 86           | 88                | 82       | 88                 |
| Suma                          | 272      | 257      | 268        | 272      | 269      | 264          | 273               | 262      | 271                |
| Promedio                      | 90.67    | 85.67    | 89.33      | 90.67    | 89.67    | 88.00        | 91.00             | 87.33    | 90.33              |
| Desv. Est.                    | 5.686    | 4.933    | 2.517      | 9.609    | 3.055    | 3.464        | 3.606             | 4.619    | 4.041              |

La **Tabla** (14) muestra los datos observados del Desarrollo vegetativo (días) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas (Algax, Ficomar y sin algas marinas) y ácidos húmicos (Forta 15, Humitech y sin ácidos húmicos (Testigo)), en la que se visualiza que el brócoli tratado solo con ácido húmico Forta 15 tiene el mayor crecimiento vegetativo, con 91 días, seguido por el brócoli tratado con algas marinas Algax + Forta 15 y ácido húmico Ficomar + Forta 15, ambas con 90.67 días. En tercer lugar se encuentra el brócoli sin tratamiento alguno, con un crecimiento vegetativo de 90.33 días. A continuación, el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico

Humitech registra 89.67 días, seguido por el brócoli tratado con algas marinas Ficomar + ácido húmico Humitech con 89.67 días. El brócoli tratado con algas marinas Algax sin ácido húmico muestra un crecimiento de 89.33 días, mientras que aquellos tratados con algas marinas Ficomar sin ácido húmico tienen un desarrollo de 88 días. Por otro lado, el brócoli tratado solo con ácido húmico Humitech presenta 87.33 días de crecimiento vegetativo, y finalmente, el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech muestra el menor desarrollo vegetativo (85.67 días). Ver **Figura (28)**.

**Figura 12:**

*Promedios del Desarrollo vegetativo (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*



**Tabla 15:**

*Análisis de varianza de los promedios del Desarrollo vegetativo (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Fuente de variación            | GL   | SC     | CM     | Fc      | P valor | Sig. |
|--------------------------------|------|--------|--------|---------|---------|------|
| Bloque                         | 2    | 232.30 | 116.15 | 8.36    | 0.003   | *    |
| Algas marinas                  | 2    | 5.41   | 2.70   | 0.20    | 0.825   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2    | 46.74  | 23.37  | 1.68    | 0.217   | NS   |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4    | 27.26  | 6.81   | 0.49    | 0.743   | NS   |
| Error                          | 16   | 222.37 | 13.90  |         |         |      |
| Total                          | 26   | 534.08 |        |         |         |      |
| C. V. (%)                      | 5.64 |        |        | Promed. | 89.2    |      |

NS : No significativo

\* : Significativo

La **Tabla** (15) presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Desarrollo vegetativo (días) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.825 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre los Ácidos húmicos es 0.217 mayor a 0.05, por lo tanto, también no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Ácidos húmicos, el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.743 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos, es decir los promedios de las interacciones son iguales.

### c) Inducción floral (días)

**Tabla 16:**

*Datos observados del Inducción floral (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

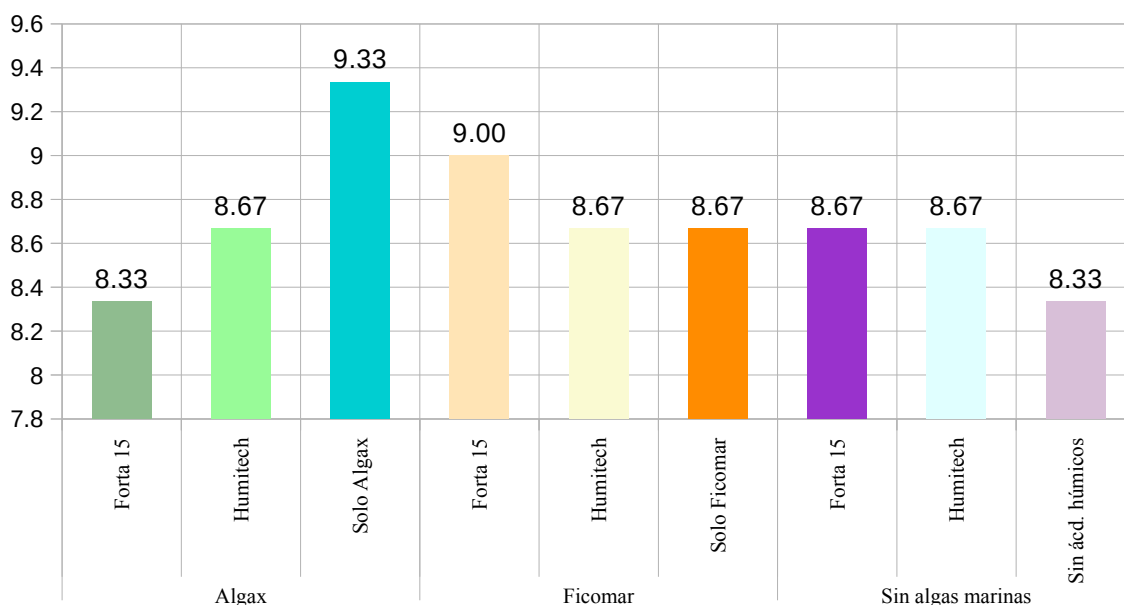
| Inducción floral (días) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|-------------------------|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|                         | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1                      | 8        | 9        | 9          | 9        | 8        | 9            | 8                 | 8        | 8                  |
| B2                      | 9        | 10       | 10         | 7        | 9        | 9            | 9                 | 9        | 9                  |
| B3                      | 8        | 7        | 9          | 11       | 9        | 8            | 9                 | 9        | 8                  |
| Suma                    | 25       | 26       | 28         | 27       | 26       | 26           | 26                | 26       | 25                 |
| Promedio                | 8.33     | 8.67     | 9.33       | 9.00     | 8.67     | 8.67         | 8.67              | 8.67     | 8.33               |
| Desv. Est.              | 0.577    | 1.528    | 0.577      | 2.000    | 0.577    | 0.577        | 0.577             | 0.577    | 0.577              |

La **Tabla** (16) presenta los observados del indicador Inducción floral (días) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas (Algax, Ficomar y sin algas marinas) y ácidos húmicos (Forta 15, Humitech y sin ácidos húmicos (Testigo)), en la que se visualiza que el brócoli tratado con algas marinas Algax sin ácido húmico muestra el mayor tiempo de inducción floral, con 9.33 días, seguido por algas marinas Ficomar + ácido húmico Forta 15, con 9 días. En tercer lugar, se encuentran los brócolis tratados con algas marinas Forta 15, Humitech, Ficomar + Humitech, Ficomar + Testigo y Algax +

humitech, con una inducción floral de 8.67 días, luego a continuación, tanto el brócoli sin tratamiento alguno como el tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Forta 15 presentan una inducción floral de 8.33 días. Los promedios de los diferentes tratamientos se visualiza gráficamente en la **Figura (13)**.

**Figura 13:**

*Promedios del Inducción floral (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*



**Tabla 17:**

*Análisis de varianza de los promedios del Inducción floral (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Fuente de variación            | GL   | SC    | CM   | Fc      | P valor | Sig. |
|--------------------------------|------|-------|------|---------|---------|------|
| Bloque                         | 2    | 1.41  | 0.70 | 0.71    | 0.508   | NS   |
| Algas marinas                  | 2    | 0.30  | 0.15 | 0.15    | 0.863   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2    | 0.07  | 0.04 | 0.04    | 0.964   | NS   |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4    | 1.93  | 0.48 | 0.48    | 0.747   | NS   |
| Error                          | 16   | 15.93 | 1.00 |         |         |      |
| Total                          | 26   | 19.63 |      |         |         |      |
| C. V. (%)                      | 11.3 |       |      | Promed. | 8.7     |      |

NS : No significativo

La **Tabla (17)** presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Inducción floral (días) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.863

mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre las Ácidos húmicos es 0.965 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir los promedios de los tratamientos son iguales y el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.747 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos, es decir los promedios de las interacciones son iguales.

#### d) Formación de pella (días)

**Tabla 18:**

*Datos observados del Formación de pella (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

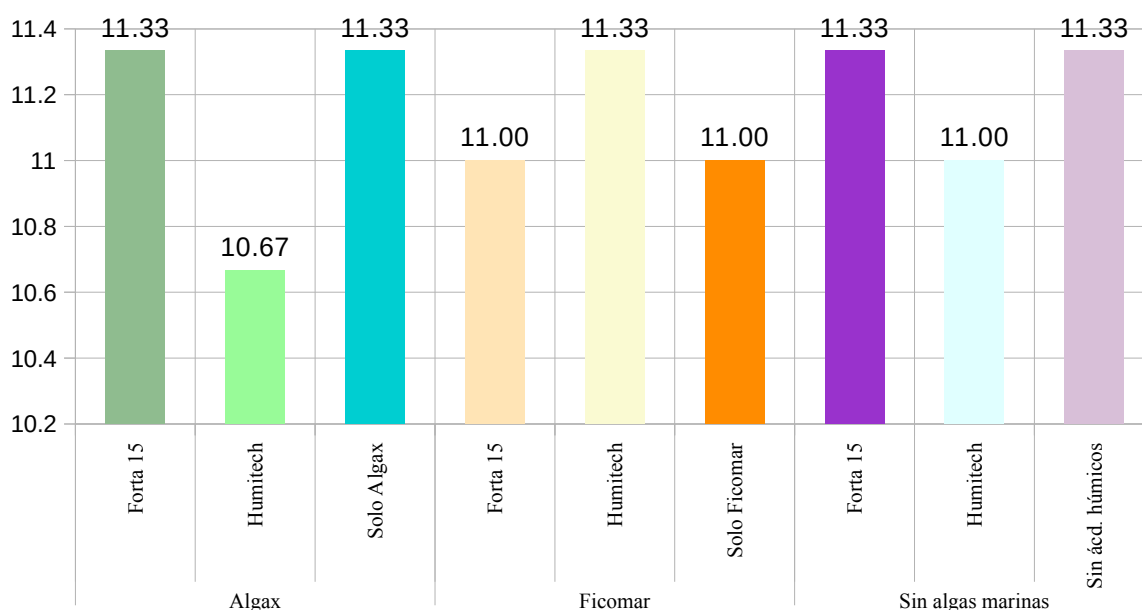
| Formación de pella (días) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|---------------------------|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|                           | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1                        | 12       | 11       | 12         | 11       | 12       | 12           | 12                | 12       | 12                 |
| B2                        | 11       | 11       | 11         | 12       | 11       | 10           | 11                | 11       | 11                 |
| B3                        | 11       | 10       | 11         | 10       | 11       | 11           | 11                | 10       | 11                 |
| Suma                      | 34       | 32       | 34         | 33       | 34       | 33           | 34                | 33       | 34                 |
| Promedio                  | 11.33    | 10.67    | 11.33      | 11.00    | 11.33    | 11.00        | 11.33             | 11.00    | 11.33              |
| Desv. Est.                | 0.577    | 0.577    | 0.577      | 1.000    | 0.577    | 1.000        | 0.577             | 1.000    | 0.577              |

La **Tabla** (18) muestra los datos observados del Formación de pella (días) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas (Algax, Ficomar y sin algas marinas) y ácidos húmicos (Forta 15, Humitech y sin ácidos húmicos (Testigo)), en la que se visualiza que varios tratamientos muestran una formación de pella de 11.33 días, incluyendo el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Forta 15, aquellos tratados solo con ácido húmico Forta 15, así como aquellos tratados con algas marinas Algax sin ácido húmico. Por otro lado, el brócoli sin tratamiento alguno y aquellos tratados con algas marinas Ficomar sin ácido húmico también presentan una formación de pella de 11 días. A continuación, se encuentran el brócoli tratado con algas marinas Ficomar +

ácido húmico Forta 15 y el brócoli tratado solo con ácido húmico Humitech, con 11 días de formación de pella. El brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech exhibe un tiempo ligeramente menor, con 10.67 días de formación de pella. Los promedios de los diferentes tratamientos se visualiza gráficamente en la **Figura (14)**.

**Figura 14:**

*Promedios del Formación de pella (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*



**Tabla 19:**

*Análisis de varianza de los promedios del Formación de pella (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Fuente de variación            | GL   | SC    | CM   | Fc      | P valor | Sig. |
|--------------------------------|------|-------|------|---------|---------|------|
| Bloque                         | 2    | 5.85  | 2.93 | 11.29   | <.001   | **   |
| Algas marinas                  | 2    | 0.07  | 0.04 | 0.14    | 0.868   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2    | 0.30  | 0.15 | 0.57    | 0.576   | NS   |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4    | 1.04  | 0.26 | 1.00    | 0.436   | NS   |
| Error                          | 16   | 4.15  | 0.26 |         |         |      |
| Total                          | 26   | 11.41 |      |         |         |      |
| C. V. (%)                      | 6.69 |       |      | Promed. | 11.1    |      |

NS : No significativo

\*\* : Altamente significativo

La **Tabla (19)** presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Formación de pella (días) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y

ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.868 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre las Ácidos húmicos es 0.576 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir los promedios de los tratamientos son iguales y el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.436 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos.

#### e) Madurez de pella y cosecha (días)

**Tabla 20:**

*Datos observados del Madurez de pella y cosecha (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

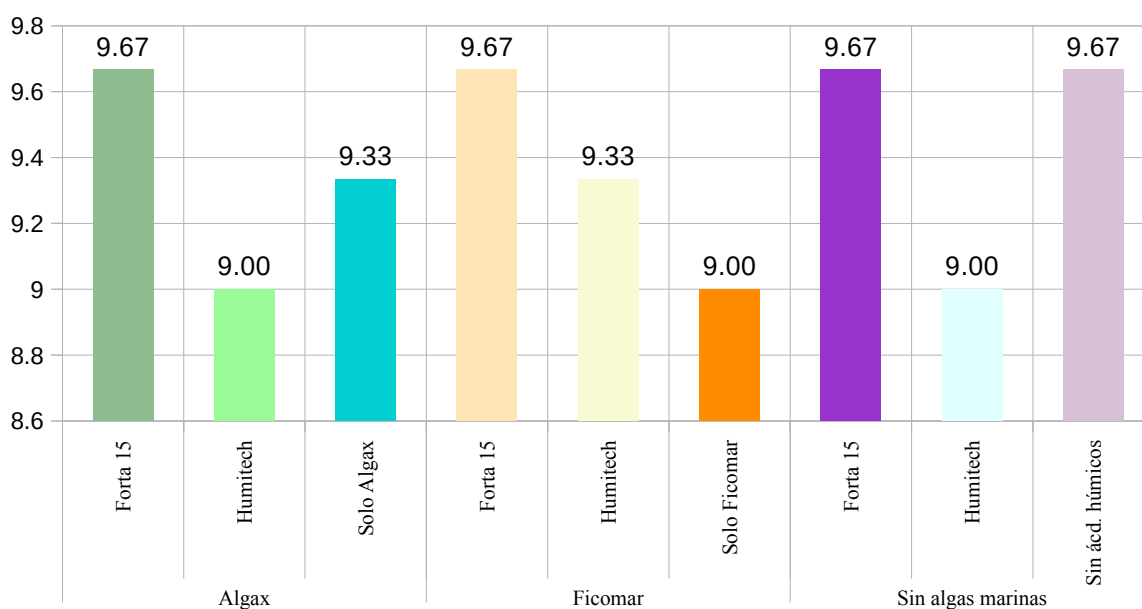
| Madurez de pella cosecha (días) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|---------------------------------|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|                                 | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1                              | 11       | 9        | 10         | 9        | 10       | 10           | 11                | 10       | 11                 |
| B2                              | 9        | 9        | 8          | 12       | 9        | 8            | 9                 | 9        | 9                  |
| B3                              | 9        | 9        | 10         | 8        | 9        | 9            | 9                 | 8        | 9                  |
| Suma                            | 29       | 27       | 28         | 29       | 28       | 27           | 29                | 27       | 29                 |
| Promedio                        | 9.67     | 9.00     | 9.33       | 9.67     | 9.33     | 9.00         | 9.67              | 9.00     | 9.67               |
| Desv. Est.                      | 1.155    | 0.000    | 1.155      | 2.082    | 0.577    | 1.000        | 1.155             | 1.000    | 1.155              |

La **Tabla** (20) muestra los datos observados del Madurez de pella y cosecha (días) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas (Algax, Ficomar y sin algas marinas) y ácidos húmicos (Forta 15, Humitech y sin ácidos húmicos (Testigo)), en la que se visualiza que varios tratamientos presentan una madurez de pella y cosecha de 9.67 días, incluyendo el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Forta 15, aquellos tratados con algas marinas Ficomar + ácido húmico Forta 15, así como aquellos tratados solo con ácido húmico Forta 15. Además, el brócoli sin tratamiento alguno también muestra una madurez de pella y cosecha de 9.67 días. Por otro lado, se encuentran el brócoli tratado con algas marinas Algax sin ácido húmico y aquellos

tratados con algas marinas Ficomar + ácido húmico Humitech, ambos con una madurez de pella y cosecha de 9.33 días. El brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech exhibe un tiempo ligeramente menor, con 9 días de madurez de pella y cosecha, al igual que aquellos tratados solo con ácido húmico Humitech. Finalmente, los brócolis tratados con algas marinas Ficomar sin ácido húmico muestran una madurez de pella y cosecha de 9 días. Se vé gráficamente en la **Figura (15)**.

**Figura 15:**

*Promedios del Madurez de pella y cosecha (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*



**Tabla 21:**

*Análisis de varianza de los promedios del Madurez de pella y cosecha (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Fuente de variación            | GL   | SC    | CM   | Fc       | P valor | Sig. |
|--------------------------------|------|-------|------|----------|---------|------|
| Bloque                         | 2    | 7.63  | 3.81 | 3.73     | 0.047   | *    |
| Algas marinas                  | 2    | 0.07  | 0.04 | 0.04     | 0.965   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2    | 1.41  | 0.70 | 0.69     | 0.517   | NS   |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4    | 0.81  | 0.20 | 0.20     | 0.935   | NS   |
| Error                          | 16   | 16.37 | 1.02 |          |         |      |
| Total                          | 26   | 26.3  |      |          |         |      |
| C. V. (%)                      | 12.3 |       |      | Promedio | 9.37    |      |

NS : No significativo

\* : Significativo

La **Tabla** (21) presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Madurez de pella y cosecha (días) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.965 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre las Ácidos húmicos es 0.517 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir los promedios de los tratamientos son iguales y el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.935 mayor a 0.40, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos.

#### f) Fenología completa (días)

**Tabla 22:**

*Datos observados del Fenología completa (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

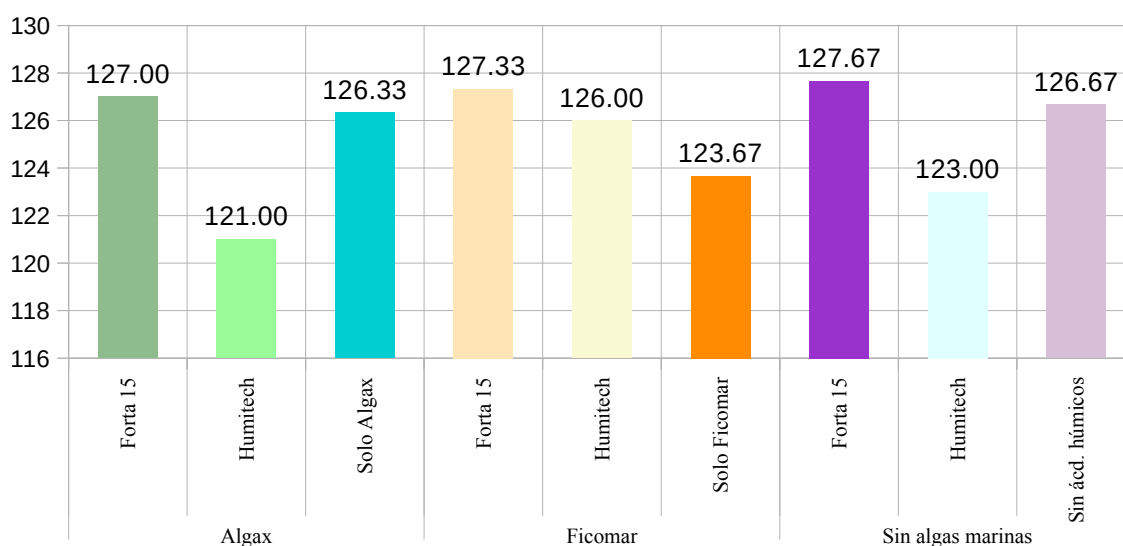
| Fenología completa (días) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|---------------------------|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|                           | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1                        | 135      | 125      | 130        | 125      | 130      | 130          | 133               | 127      | 133                |
| B2                        | 125      | 125      | 123        | 139      | 125      | 120          | 126               | 126      | 124                |
| B3                        | 121      | 113      | 126        | 118      | 123      | 121          | 124               | 116      | 123                |
| Suma                      | 381      | 363      | 379        | 382      | 378      | 371          | 383               | 369      | 380                |
| Promedio                  | 127.00   | 121.00   | 126.33     | 127.33   | 126.00   | 123.67       | 127.67            | 123.00   | 126.67             |
| Desv. Est.                | 7.211    | 6.928    | 3.512      | 10.693   | 3.606    | 5.508        | 4.726             | 6.083    | 5.508              |

La **Tabla** (22) muestra los datos observados del Fenología completa (días) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas (Algax, Ficomar y sin algas marinas) y ácidos húmicos (Forta 15, Humitech y sin ácidos húmicos (Testigo)), en la que se visualiza que el tratamiento que demuestra el mayor tiempo en la fenología completa es aquel donde se han tratado solo con ácido húmico Forta 15, con 127.67 días. Le sigue de cerca el brócoli tratado con algas marinas Ficomar + ácido húmico Forta 15, con 127.33 días, y el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Forta 15, con 127 días.

el brócoli sin tratamiento alguno, con una fenología de 126.67 días seguido por el tratamiento con algas marinas Algax sin ácido húmico, presenta un tiempo de 126.33 días, luego el tratamiento con Ficomar + Humitech con 126 días, seguido por aquellos tratados con algas marinas Ficomar sin ácido húmico presentan una fenología completa de 123.67 días, mientras que el brócoli tratado solo con ácido húmico Humitech muestra 123 días. Por último, el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech exhibe un tiempo menor, con una fenología de 121 días. Los promedios de los diferentes tratamientos se visualiza gráficamente en la **Figura (16)**.

**Figura 16:**

*Promedios del Fenología completa (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*



**Tabla 23:**

*Análisis de varianza de los promedios del Fenología completa (días) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Fuente de variación            | GL   | SC     | CM     | Fc       | P valor | Sig. |
|--------------------------------|------|--------|--------|----------|---------|------|
| Bloque                         | 2    | 385.85 | 192.93 | 9.26     | 0.002   | **   |
| Algas marinas                  | 2    | 5.41   | 2.70   | 0.13     | 0.879   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2    | 72.30  | 36.15  | 1.73     | 0.208   | NS   |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4    | 49.48  | 12.37  | 0.59     | 0.672   | NS   |
| Error                          | 16   | 333.48 | 20.84  |          |         |      |
| Total                          | 26   | 846.52 |        |          |         |      |
| C. V. (%)                      | 5.04 |        |        | Promedio | 125     |      |

NS : No significativo

\*\* : Altamente significativo

La **Tabla** (23) presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Fenología completa (días) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.879 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre las Ácidos húmicos es 0.208 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir los promedios de los tratamientos son iguales y el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.672 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos, es decir los promedios de las interacciones son iguales.

### 5.1.2. Características agronómicas del cultivo de brócoli variedad Imperial

#### a) Número de Hojas (u) (22/09/23)

**Tabla 24:**

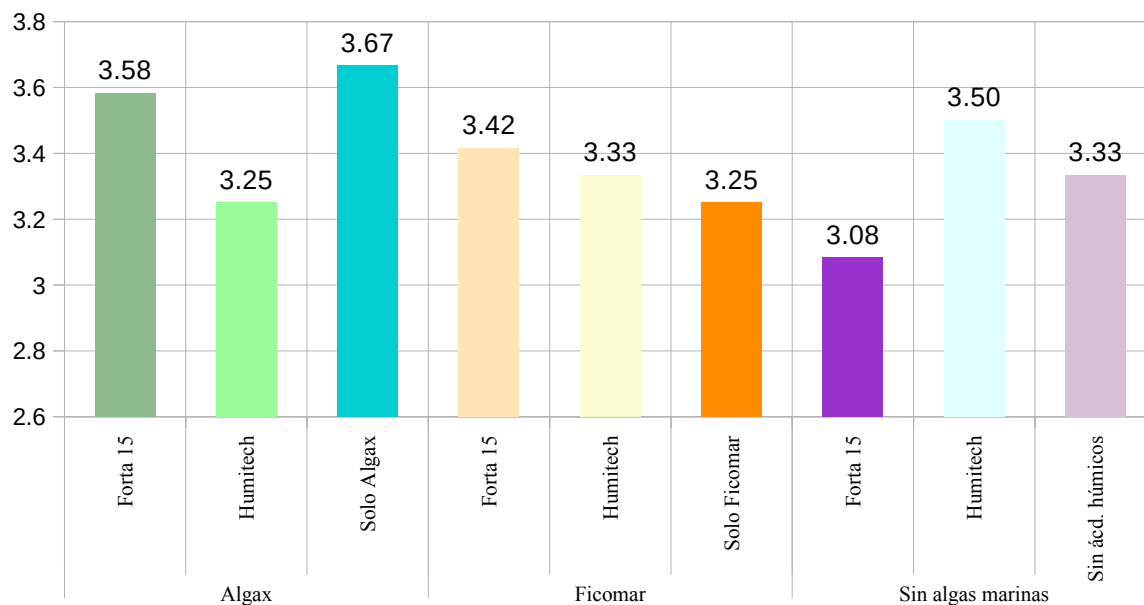
Datos observados del Número de Hojas (u) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.

| Número de Hojas (u) (22/09/23) (5 días del transplante) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|---|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|   | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1  | 3.75     | 3        | 3.75       | 3.25     | 3        | 3.25         | 3.25              | 4        | 3.25               |
| B2  | 3.5      | 3        | 3.25       | 3.5      | 3.25     | 3.5          | 3                 | 3.5      | 3.75               |
| B3  | 3.5      | 3.75     | 4          | 3.5      | 3.75     | 3            | 3                 | 3        | 3                  |
| Suma  | 10.75    | 9.75     | 11         | 10.25    | 10       | 9.75         | 9.25              | 10.5     | 10                 |
| Promedio  | 3.58     | 3.25     | 3.67       | 3.42     | 3.33     | 3.25         | 3.08              | 3.50     | 3.33               |
| Desv. Est.  | 0.144    | 0.433    | 0.382      | 0.144    | 0.382    | 0.250        | 0.144             | 0.500    | 0.382              |

La **Tabla** (24) muestra los datos observados del Número de Hojas (u) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas (Algax, Ficomar y sin algas marinas) y ácidos húmicos (Forta 15, Humitech y sin ácidos húmicos (Testigo)), en la que se visualiza que el brócoli tratado con algas marinas Algax sin ácido húmico presenta el mayor número de hojas, con 3.67 u, luego se encuentran los brócolis tratados con algas marinas Ficomar + ácido húmico Forta 15 y aquellos tratados solo con ácido húmico Humitech, ambos con 3.58 u y 3.5 u respectivamente. Le sigue el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Forta 15, con 3.42 u, y aquellos tratados solo con ácido húmico Forta 15, con 3.33 u. Además, el brócoli sin tratamiento alguno y el tratado con algas, luego con Ficomar + Humitech y los tratados con Ficomar sin ácido húmico muestran un número de hojas de 3.33 u, 3.33 u y 3.25 u respectivamente. Por otro lado, el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech exhibe 3.25 u y aquellos tratados solo con ácido húmico Forta 15 registran 3.08 u. Los promedios de los diferentes tratamientos se visualiza gráficamente en la **Figura** (17).

**Figura 17:**

Promedios del Número de Hojas (u) (22/09/23) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.

**Tabla 25:**

Análisis de varianza de los promedios del Número de Hojas (u) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.

| Fuente de variación            | SC   | GL   | CM   | Fc    | P valor | Sig. |
|--------------------------------|------|------|------|-------|---------|------|
| Bloque                         | 2    | 0.00 | 0.00 | 0.02  | 0.982   | NS   |
| Algas marinas                  | 2    | 0.20 | 0.10 | 0.80  | 0.467   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2    | 0.02 | 0.01 | 0.07  | 0.929   | NS   |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4    | 0.58 | 0.14 | 1.16  | 0.365   | NS   |
| Error                          | 16   | 2.00 | 0.12 |       |         |      |
| Total                          | 26   | 2.8  |      |       |         |      |
| C. V. (%)                      | 9.86 |      |      | Prom. | 3.38    |      |

NS : No significativo

La **Tabla** (25) presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Número de Hojas (u) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.467 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre las Ácidos húmicos es 0.929 mayor a

0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir los promedios de los tratamientos son iguales y el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.365 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos, es decir los promedios de las interacciones son iguales.

**b) Número de Hojas (u) (10/11/23) (54 días del transplante)**

**Tabla 26:**

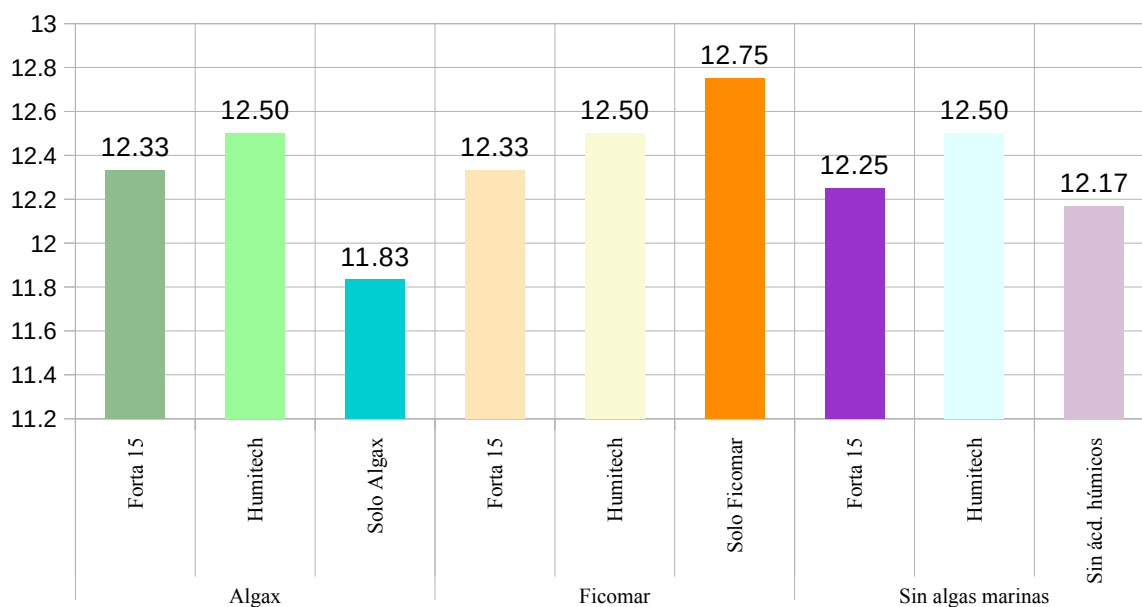
*Datos observados del Número de Hojas (u) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Número de Hojas (u) (10/11/23) (54 días del transplante) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|--|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|  | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1   | 12.5     | 12.75    | 11         | 12.25    | 12       | 13           | 12.25             | 12.75    | 12                 |
| B2   | 12       | 11.5     | 12.25      | 11.5     | 12.5     | 12.5         | 12.25             | 12       | 12.5               |
| B3   | 12.5     | 13.25    | 12.25      | 13.25    | 13       | 12.75        | 12.25             | 12.75    | 12                 |
| Suma   | 37       | 37.5     | 35.5       | 37       | 37.5     | 38.25        | 36.75             | 37.5     | 36.5               |
| Promedio   | 12.33    | 12.50    | 11.83      | 12.33    | 12.50    | 12.75        | 12.25             | 12.50    | 12.17              |
| Desv. Est.   | 0.289    | 0.901    | 0.722      | 0.878    | 0.500    | 0.250        | 0.000             | 0.433    | 0.289              |

La **Tabla** (26) muestra los datos observados del Número de Hojas (u) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas (Algax, Ficomar y sin algas marinas) y ácidos húmicos (Forta 15, Humitech y sin ácidos húmicos (Testigo)), en la que se visualiza que Las plantas tratadas con algas marinas Ficomar sin ácido húmico exhiben el mayor número de hojas con 12.75 u, seguidas por el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech y las plantas tratadas con algas marinas Ficomar + ácido húmico Humitech, ambos con 12.5 u. En el tercer lugar, se encuentran el brócoli tratado solo con ácido húmico Forta 15 y aquel tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Forta 15, ambos con 12.33 u. Mientras tanto, el brócoli sin tratamiento alguno muestra 12.17 u de hojas y el brócoli tratado con algas marinas Algax sin ácido húmico registra 11.83 u de hojas. Los promedios de los diferentes tratamientos se visualiza gráficamente en la **Figura** (18).

**Figura 18:**

Promedios del Número de Hojas (u) (10/11/23) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.

**Tabla 27:**

Análisis de varianza de los promedios del Número de Hojas (u) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.

| Fuente de variación            | SC | GL   | CM   | Fc   | P valor | Sig. |
|--------------------------------|----|------|------|------|---------|------|
| Bloque                         | 2  | 1.46 | 0.73 | 2.87 | 0.086   | NS   |
| Algas marinas                  | 2  | 0.45 | 0.23 | 0.88 | 0.434   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2  | 0.31 | 0.16 | 0.61 | 0.556   | NS   |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4  | 0.86 | 0.21 | 0.84 | 0.520   | NS   |
| Error                          | 16 | 4.08 | 0.26 |      |         |      |
| Total                          | 26 | 7.16 |      |      |         |      |
| C. V. (%)                      |    |      |      |      |         |      |

NS : No significativo

La **Tabla** (27) presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Número de Hojas (u) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.434 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre las Ácidos húmicos es 0.556 mayor a

0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir los promedios de los tratamientos son iguales y el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.520 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos, es decir los promedios de las interacciones son iguales.

**c) Número de Hojas (u) (01/01/24) (75 días del transplante)**

**Tabla 28:**

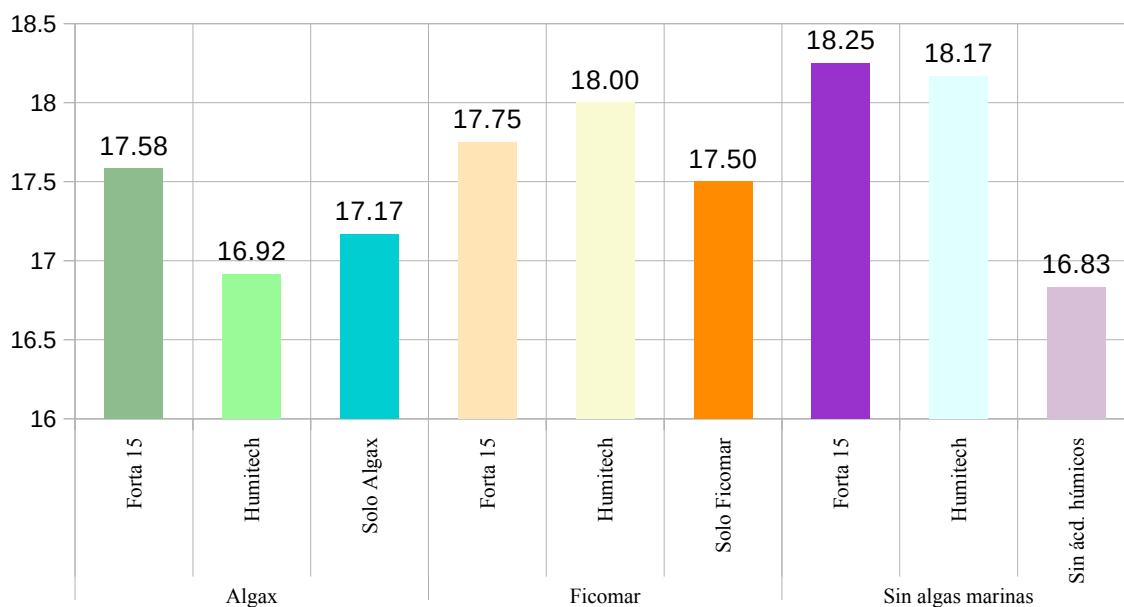
*Datos observados del Número de hojas (u) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Número de Hojas (u) (01/01/24) (75 días del transplante) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|--|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|  | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1   | 18       | 17.75    | 16.75      | 17.25    | 18.75    | 18.75        | 19                | 18.5     | 17.5               |
| B2   | 17.5     | 17       | 17         | 18.75    | 17       | 16.25        | 18.25             | 18.25    | 16.5               |
| B3   | 17.25    | 16       | 17.75      | 17.25    | 18.25    | 17.5         | 17.5              | 17.75    | 16.5               |
| Suma   | 52.75    | 50.75    | 51.5       | 53.25    | 54       | 52.5         | 54.75             | 54.5     | 50.5               |
| Promedio   | 17.58    | 16.92    | 17.17      | 17.75    | 18.00    | 17.50        | 18.25             | 18.17    | 16.83              |
| Desv. Est.   | 0.382    | 0.878    | 0.520      | 0.866    | 0.901    | 1.250        | 0.750             | 0.382    | 0.577              |

La **Tabla** (28) muestra los datos observados del Número de hojas (u) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas (Algax, Ficomar y sin algas marinas) y ácidos húmicos (Forta 15, Humitech y sin ácidos húmicos (Testigo)), en la que se visualiza que aquellos tratados solo con ácido húmico Forta 15 muestran el mayor número de hojas con 18.25 u, seguidos por las plantas tratadas solo con ácido húmico Humitech con 18.17 hojas, luego las plantas tratadas con algas marinas Ficomar + ácido húmico Humitech con 18 u. Después el brócoli tratado con Ficomar + testigo tiene 17.5 hojas, Por otro lado, el brócoli tratado con algas marinas Algax sin ácido húmico presenta 17.17 hojas, seguido por el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech exhibe 16.91 hojas, luego el brócoli sin tratamiento alguno con 16.83 hojas. Los promedios de los diferentes tratamientos se visualiza gráficamente en la **Figura** (19).

**Figura 19:**

Promedios del Número de hojas (u) (01/01/24) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.

**Tabla 29:**

Análisis de varianza de los promedios del Número de hojas (u) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.

| Fuente de variación            | GL   | SC    | CM   | Fc       | P valor | Sig. |
|--------------------------------|------|-------|------|----------|---------|------|
| Bloque                         | 2    | 2.81  | 1.41 | 2.85     | 0.088   | NS   |
| Algas marinas                  | 2    | 1.67  | 0.84 | 1.69     | 0.215   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2    | 2.37  | 1.18 | 2.40     | 0.123   | NS   |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4    | 2.48  | 0.62 | 1.26     | 0.327   | NS   |
| Error                          | 16   | 7.90  | 0.49 |          |         |      |
| Total                          | 26   | 17.23 |      |          |         |      |
| C. V. (%)                      | 4.39 |       |      | Promedio | 17.6    |      |

NS : No significativo

La **Tabla** (29) presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Número de hojas (u) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.215 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre las Ácidos húmicos es 0.123 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir los promedios de los

tratamientos son iguales y el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.327 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos, es decir los promedios de las interacciones son iguales.

**d) Altura de planta (cm) (22/09/23) (5 días del transplante)**

**Tabla 30:**

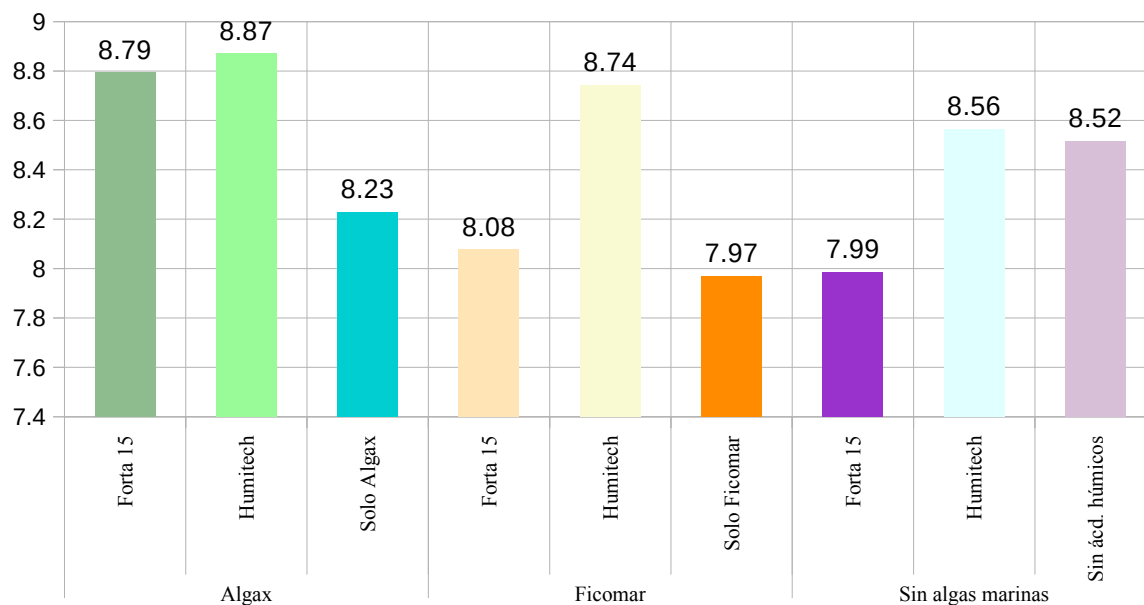
*Datos observados del Altura de planta (cm) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Altura de planta (cm) (22/09/23) (5 días del transplante) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|---|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|   | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1  | 7.98     | 8.08     | 6.88       | 7.68     | 8.1      | 8.43         | 8.55              | 9.13     | 7.8                |
| B2  | 9.15     | 8.1      | 8.15       | 7.05     | 7.8      | 7.4          | 7.88              | 9.08     | 9.6                |
| B3  | 9.25     | 10.43    | 9.65       | 9.5      | 10.33    | 8.08         | 7.53              | 7.48     | 8.15               |
| Suma  | 26.38    | 26.61    | 24.68      | 24.23    | 26.23    | 23.91        | 23.96             | 25.69    | 25.55              |
| Promedio  | 8.79     | 8.87     | 8.23       | 8.08     | 8.74     | 7.97         | 7.99              | 8.56     | 8.52               |
| Desv. Est.  | 0.706    | 1.351    | 1.387      | 1.272    | 1.382    | 0.524        | 0.518             | 0.939    | 0.954              |

La **Tabla** (30) muestra los datos observados del Altura de planta (cm) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas (Algax, Ficomar y sin algas marinas) y ácidos húmicos (Forta 15, Humitech y sin ácidos húmicos (Testigo)), en la que se visualiza que el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech tiene la Altura de planta 8.87 cm, mientras que el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Forta 15 tiene la Altura de planta de 8.79 cm, las plantas tratadas con algas marinas Ficomar + ácido húmico Humitech 8.74 cm, el brócoli tratado solo con ácido húmico Humitech 8.56 cm, el brócoli sin tratamiento alguno ha tenido la Altura de planta de 8.52 cm, el brócoli tratado con algas marinas Algax sin ácido húmico 8.23 cm, los que se ha tratado con algas marinas Ficomar + ácido húmico Forta 15 8.08 cm, los que se han tratado solo con ácido húmico Forta 15 7.99 cm y las plantas de brócoli tratados con algas marinas Ficomar sin ácido húmico 7.97 cm. Los promedios de los diferentes tratamientos se visualiza gráficamente en la **Figura** (20).

**Figura 20:**

Promedios del Altura de planta (cm) (22/09/23) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.

**Tabla 31:**

Análisis de varianza de los promedios del Altura de planta (cm) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.

| Fuente de variación            | SC    | GL    | CM   | Fc   | P valor | Sig. |
|--------------------------------|-------|-------|------|------|---------|------|
| Bloque                         | 2     | 3.75  | 1.87 | 1.82 | 0.194   | NS   |
| Algas marinas                  | 2     | 0.66  | 0.33 | 0.32 | 0.732   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2     | 1.30  | 0.65 | 0.63 | 0.544   | NS   |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4     | 1.11  | 0.28 | 0.27 | 0.893   | NS   |
| Error                          | 16    | 16.47 | 1.03 |      |         |      |
| Total                          | 26    | 23.29 |      |      |         |      |
| C. V. (%)                      | 12.59 |       |      |      |         |      |

NS : No significativo

La **Tabla** (31) presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Altura de planta (cm) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.732 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre las Ácidos húmicos es 0.544 mayor a

0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir los promedios de los tratamientos son iguales y el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.893 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de la interacción Algas marinas + Ácidos húmicos.

**e) Altura de planta (cm) (10/11/23) (54 días del transplante)**

**Tabla 32:**

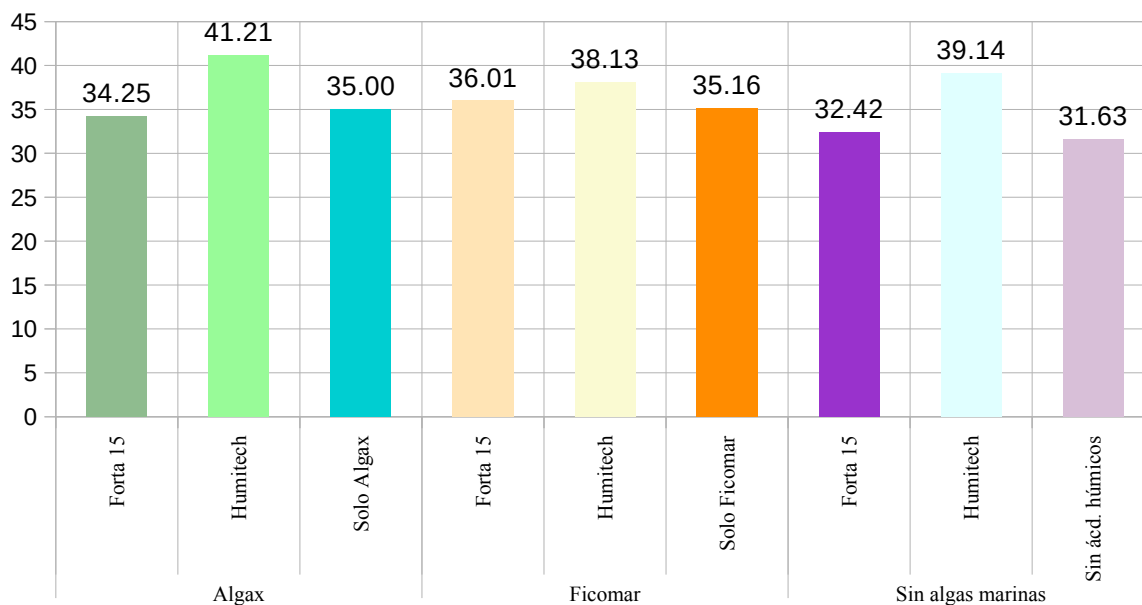
*Datos observados del Altura de planta (cm) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Altura de planta (cm) (10/11/23) (54 días del transplante) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|--|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|  | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1   | 28.7     | 41.03    | 35.05      | 34.78    | 35.63    | 30.6         | 28.95             | 33.5     | 33.25              |
| B2   | 34.18    | 35.35    | 33         | 28.5     | 37.5     | 41.5         | 34.3              | 37.43    | 27.38              |
| B3   | 39.88    | 47.25    | 36.95      | 44.75    | 41.25    | 33.38        | 34                | 46.5     | 34.25              |
| Suma   | 102.76   | 123.63   | 105        | 108.03   | 114.38   | 105.48       | 97.25             | 117.43   | 94.88              |
| Promedio   | 34.25    | 41.21    | 35.00      | 36.01    | 38.13    | 35.16        | 32.42             | 39.14    | 31.63              |
| Desv. Est.   | 5.590    | 5.952    | 1.975      | 8.195    | 2.862    | 5.664        | 3.006             | 6.667    | 3.712              |

La **Tabla** (32) proporciona los datos del Altura de planta (cm) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial bajo diferentes tratamientos, evidenciando que el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech tiene la Altura de planta 41.21 cm, mientras que el brócoli tratado solo con ácido húmico Humitech 39.14 cm, las plantas tratadas con algas marinas Ficomar + ácido húmico Humitech Altura de planta de 38.13 cm, los que se ha tratado con algas marinas Ficomar + ácido húmico Forta 15 36.01 cm, las plantas de brócoli tratados con algas marinas Ficomar sin ácido húmico 35.16 cm, el brócoli tratado con algas marinas Algax sin ácido húmico 35 cm, el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Forta 15 tiene la Altura de planta de 34.25 cm, los que se han tratado solo con ácido húmico Forta 15 32.42 cm y el brócoli sin tratamiento alguno ha tenido la Altura de planta de 31.63 cm. Los promedios de los diferentes tratamientos se visualiza gráficamente en la **Figura** (21).

**Figura 21:**

Promedios del Altura de planta (cm) (10/11/23) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.

**Tabla 33:**

Análisis de varianza de los promedios del Altura de planta (cm) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.

| Fuente de variación            | SC    | GL     | CM     | Fc   | P valor | Sig. |
|--------------------------------|-------|--------|--------|------|---------|------|
| Bloque                         | 2     | 210.50 | 105.25 | 6.01 | 0.011   | *    |
| Algas marinas                  | 2     | 30.50  | 15.27  | 0.87 | 0.437   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2     | 176.40 | 88.18  | 5.04 | 0.020   | *    |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4     | 27.50  | 6.88   | 0.39 | 0.811   | NS   |
| Error                          | 16    | 280.00 | 17.50  |      |         |      |
| Total                          | 26    | 724.9  |        |      |         |      |
| C. V. (%)                      | 14.55 |        |        |      |         |      |

NS : No significativa

\* : Significativo

La **Tabla** (33) presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Altura de planta (cm) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.437 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre las Ácidos húmicos es 0.02 menor a

0.05, por lo tanto, existe diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir al menos dos de los promedios de los tratamientos son diferentes y el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.811 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos, es decir los promedios de las interacciones son iguales.

**f) Altura de planta (cm) (01/01/24) (75 días del transplante)**

**Tabla 34:**

*Datos observados del Altura de planta (cm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

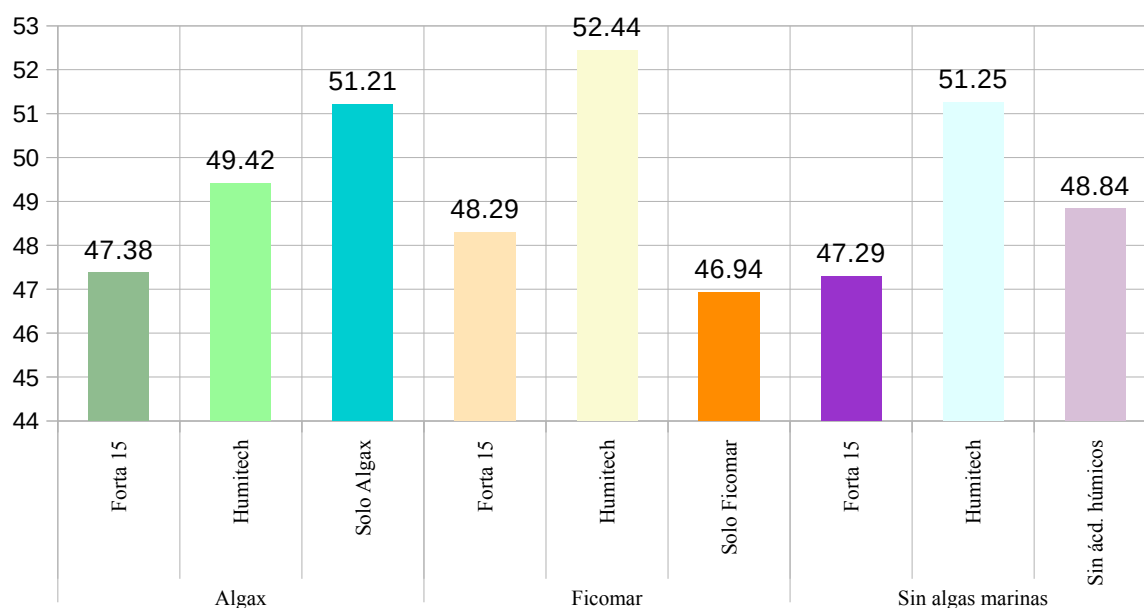
| Altura de planta (cm) (01/01/24) (75 días del transplante) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|--|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|  | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1   | 41       | 47       | 52.5       | 50       | 52.45    | 45.18        | 44.88             | 50.13    | 50.38              |
| B2   | 47.38    | 50       | 47         | 46.5     | 52.13    | 50.5         | 47.5              | 50.75    | 46.38              |
| B3   | 53.75    | 51.25    | 54.13      | 48.38    | 52.75    | 45.13        | 49.5              | 52.88    | 49.75              |
| Suma   | 142.13   | 148.25   | 153.63     | 144.88   | 157.33   | 140.81       | 141.88            | 153.76   | 146.51             |
| Promedio   | 47.38    | 49.42    | 51.21      | 48.29    | 52.44    | 46.94        | 47.29             | 51.25    | 48.84              |
| Desv. Est.   | 6.375    | 2.184    | 3.736      | 1.752    | 0.310    | 3.086        | 2.317             | 1.442    | 2.151              |

La **Tabla** (34) exhibe los datos del Altura de planta (cm) de brócoli variedad Imperial bajo diversos tratamientos, donde resalta que las plantas tratadas con algas marinas Ficomar + ácido húmico Humitech Altura de planta de 52.44 cm, mientras que el brócoli tratado solo con ácido húmico Humitech 51.25 cm, el brócoli tratado con algas marinas Algax sin ácido húmico a conseguido de Altura de planta de 51.21 cm, el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech tiene la Altura de planta de 49.42 cm, el brócoli sin tratamiento alguno ha tenido la Altura de planta de 48.84 cm, los que se ha tratado con algas marinas Ficomar + ácido húmico Forta 15 una Altura de planta de 48.29 cm, el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Forta 15 tiene la Altura de planta de 47.38 cm, los que se han tratado solo con ácido húmico Forta 15 47.29 cm y las

plantas de brócoli tratados con algas marinas Ficomar sin ácido húmico 46.94 cm. Los promedios de los diferentes tratamientos se visualiza gráficamente en la **Figura (22)**.

**Figura 22:**

*Promedios del Altura de planta (cm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*



**Tabla 35:**

*Análisis de varianza de los promedios del Altura de planta (cm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Fuente de variación            | GL   | SC     | CM    | Fc       | P valor | Sig. |
|--------------------------------|------|--------|-------|----------|---------|------|
| Bloque                         | 2    | 36.03  | 18.02 | 2.18     | 0.145   | NS   |
| Algas marinas                  | 2    | 0.19   | 0.10  | 0.01     | 0.988   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2    | 52.25  | 26.13 | 3.16     | 0.070   | NS   |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4    | 43.11  | 10.78 | 1.30     | 0.310   | NS   |
| Error                          | 16   | 132.23 | 8.26  |          |         |      |
| Total                          | 26   | 263.82 |       |          |         |      |
| C. V. (%)                      | 6.21 |        |       | Promedio | 49.2    |      |

NS : No significativo

La **Tabla (35)** presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Altura de planta (cm) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.988 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P

entre las Ácidos húmicos es 0.070 menor a 0.05, por lo tanto, existe diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir al menos dos de los promedios de los tratamientos son diferentes y el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.310 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos, es decir los promedios de las interacciones son iguales.

**g) Diámetro de tallo (mm) (22/09/23) (5 días del transplante)**

**Tabla 36:**

*Datos observados del Diámetro de tallo (mm) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

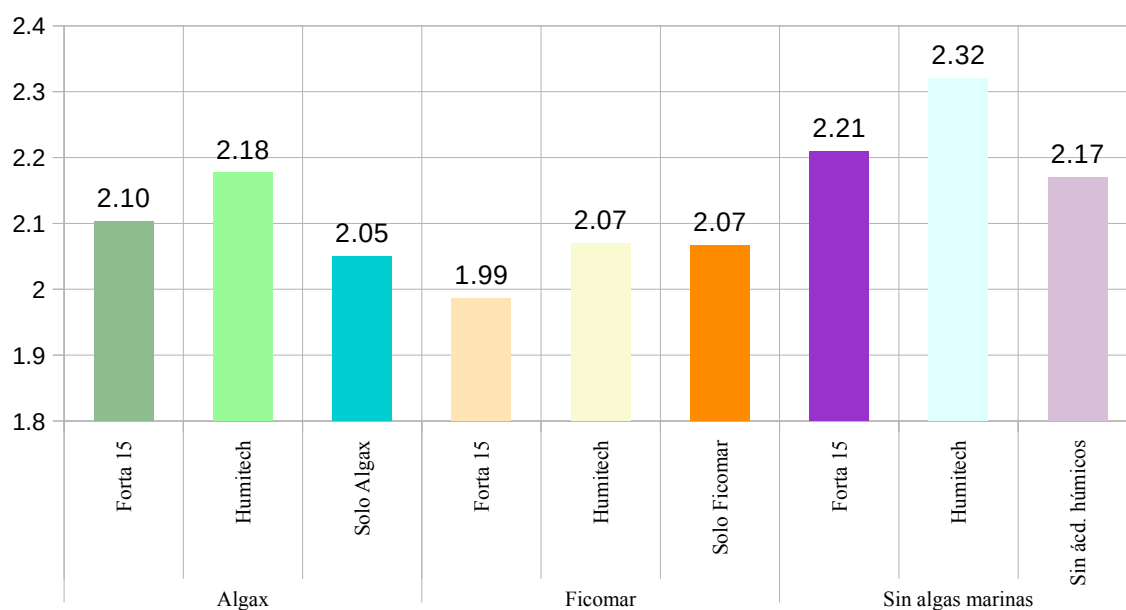
| Diámetro de tallo (mm) (22/09/23) (5 días del transplante) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|--|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|  | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1   | 2.23     | 2.23     | 2.05       | 2.23     | 2.08     | 2.45         | 2.5               | 2.48     | 2.23               |
| B2   | 2.13     | 2.05     | 1.95       | 1.98     | 1.88     | 1.85         | 2.28              | 2.43     | 2.28               |
| B3   | 1.95     | 2.25     | 2.15       | 1.75     | 2.25     | 1.9          | 1.85              | 2.05     | 2                  |
| Suma   | 6.31     | 6.53     | 6.15       | 5.96     | 6.21     | 6.2          | 6.63              | 6.96     | 6.51               |
| Promedio   | 2.10     | 2.18     | 2.05       | 1.99     | 2.07     | 2.07         | 2.21              | 2.32     | 2.17               |
| Desv. Est.   | 0.142    | 0.110    | 0.100      | 0.240    | 0.185    | 0.333        | 0.331             | 0.235    | 0.149              |

La **Tabla** (36) presenta los datos del Diámetro de tallo (mm) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial bajo distintos tratamientos, donde se destaca que el brócoli tratado solo con ácido húmico Humitech 2.32 mm, mientras que los que se han tratado solo con ácido húmico Forta 15 2.21 mm, el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech tiene el Diámetro de tallo 2.18 mm, el brócoli sin tratamiento alguno ha tenido el Diámetro de tallo de 2.17 mm, el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Forta 15 tiene el Diámetro de tallo de 2.1 mm, las plantas tratadas con algas marinas Ficomar + ácido húmico Humitech 2.07 mm, las plantas de brócoli tratados con algas marinas Ficomar sin ácido húmico 2.07 mm, el brócoli tratado con algas marinas Algax sin ácido húmico 2.05 mm y los que se ha tratado con algas

marinas Ficomar + ácido húmico Forta 15 1.99 mm. Se visualiza gráficamente en la **Figura (23)**.

**Figura 23:**

*Promedios del Diámetro de tallo (mm) (22/09/23) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*



**Tabla 37:**

*Análisis de varianza de los promedios del Diámetro de tallo (mm) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Fuente de variación            | SC    | GL   | CM   | Fc   | P valor | Sig. |
|--------------------------------|-------|------|------|------|---------|------|
| Bloque                         | 2     | 0.32 | 0.16 | 4.68 | 0.025   | *    |
| Algas marinas                  | 2     | 0.17 | 0.09 | 2.51 | 0.113   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2     | 0.05 | 0.02 | 0.73 | 0.496   | NS   |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4     | 0.02 | 0.01 | 0.18 | 0.948   | NS   |
| Error                          | 16    | 0.54 | 0.03 |      |         |      |
| Total                          | 26    | 1.11 |      |      |         |      |
| C. V. (%)                      | 10.29 |      |      |      |         |      |

NS : No significativo

\* : Ssignificativa

La **Tabla (37)** presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Diámetro de tallo (mm) (22/09/23) (5 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.113 mayor o igual a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia

estadísticamente entre los promedios de Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre las Ácidos húmicos es 0.496 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir los promedios de los tratamientos son iguales y el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.948 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos, es decir los promedios de las interacciones son iguales.

#### h) Diámetro de tallo (mm) (10/11/23) (54 días del transplante)

##### **Tabla 38:**

*Datos observados del Diámetro de tallo (mm) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

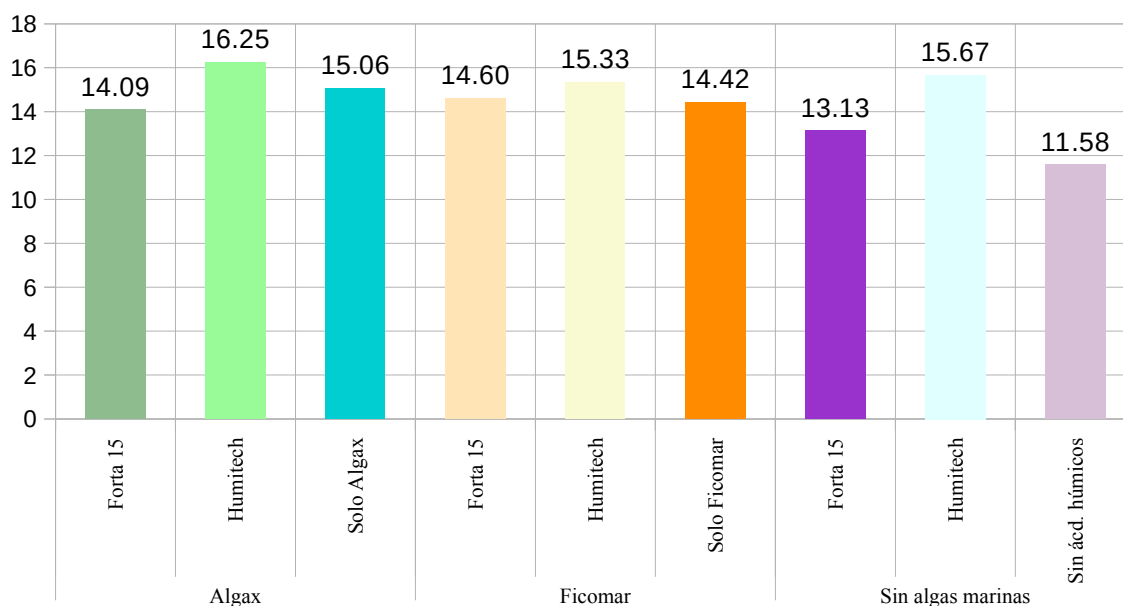
| Diámetro de tallo (mm) (10/11/23) (54 días del transplante) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|---|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|   | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1  | 12.7     | 15.23    | 15.3       | 13.78    | 15.2     | 13.3         | 12.68             | 13.4     | 10.75              |
| B2  | 13.43    | 13.13    | 14.2       | 11.98    | 14.73    | 15.5         | 11.68             | 13.98    | 10.45              |
| B3  | 16.13    | 20.38    | 15.68      | 18.05    | 16.05    | 14.45        | 15.03             | 19.63    | 13.53              |
| Suma  | 42.26    | 48.74    | 45.18      | 43.81    | 45.98    | 43.25        | 39.39             | 47.01    | 34.73              |
| Promedio  | 14.09    | 16.25    | 15.06      | 14.60    | 15.33    | 14.42        | 13.13             | 15.67    | 11.58              |
| Desv. Est.  | 1.807    | 3.730    | 0.769      | 3.118    | 0.669    | 1.100        | 1.720             | 3.442    | 1.698              |

La **Tabla** (38) revela los datos del Diámetro de tallo (mm) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial bajo diversos tratamientos. Destaca que el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech tiene el Diámetro de tallo 16.25 mm, mientras que el brócoli tratado solo con ácido húmico Humitech 15.67 mm, las plantas tratadas con algas marinas Ficomar + ácido húmico Humitech 15.33 mm, el brócoli tratado con algas marinas Algax sin ácido húmico 15.06 mm, los que se ha tratado con algas marinas Ficomar + ácido húmico Forta 15 14.6 mm, las plantas de brócoli tratados con algas marinas Ficomar sin ácido húmico 14.42 mm, el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Forta 15 tiene el Diámetro de tallo de 14.09 mm, los que se han tratado solo con ácido húmico Forta 15 13.13 mm y el brócoli sin

tratamiento alguno ha tenido el Diámetro de tallo de 11.58 mm. Se visualiza gráficamente en la **Figura (24)**.

**Figura 24:**

*Promedios del Diámetro de tallo (mm) (10/11/23) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*



**Tabla 39:**

*Análisis de varianza de los promedios del Diámetro de tallo (mm) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Fuente de variación            | GL | SC    | CM    | Fc    | P valor | Sig. |
|--------------------------------|----|-------|-------|-------|---------|------|
| Bloque                         | 2  | 59.60 | 29.79 | 13.98 | <.001   | **   |
| Algas marinas                  | 2  | 14.00 | 7.00  | 3.29  | 0.064   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2  | 22.80 | 11.39 | 5.34  | 0.017   | *    |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4  | 11.30 | 2.81  | 1.32  | 0.305   | NS   |
| Error                          | 16 | 34.10 | 2.13  |       |         |      |
| Total                          | 26 | 141.8 |       |       |         |      |
| C. V. (%)                      |    | 15.78 |       |       |         |      |

NS : No significativo

\* : Significativo

\*\* : Altamente significativo

La **Tabla (39)** presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Diámetro de tallo (mm) (10/11/23) (54 días del transplante) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.064 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia

estadísticamente entre los promedios de Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre las Ácidos húmicos es 0.017 menor a 0.05, por lo tanto, existe diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir al menos de los promedios de los tratamientos son diferentes y el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.305 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos, es decir los promedios de las interacciones son iguales.

**i) Diámetro de tallo (mm) (01/01/24) (75 días del transplante)**

**Tabla 40:**

*Datos observados del Diámetro de tallo (mm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

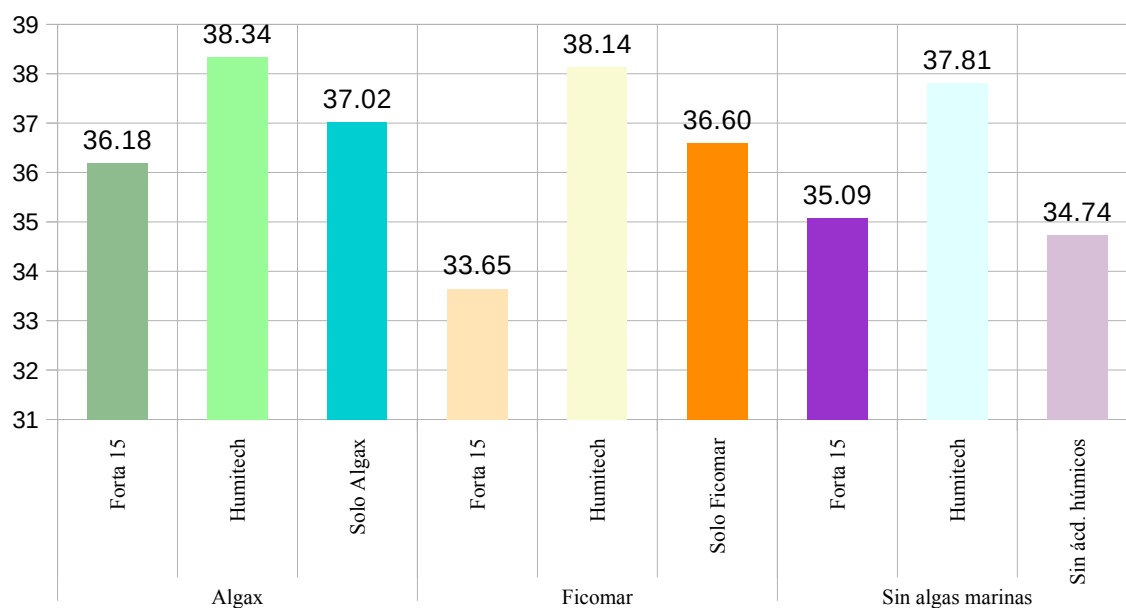
| Diámetro de tallo (mm) (01/01/24) (75 días del transplante) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|---|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|   | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1  | 33.65    | 38       | 36.5       | 34.55    | 36.03    | 32.48        | 32.63             | 33.25    | 34.38              |
| B2  | 36       | 39.78    | 37.85      | 29.75    | 38.73    | 40.73        | 36.63             | 39.8     | 36.03              |
| B3  | 38.9     | 37.25    | 36.7       | 36.65    | 39.65    | 36.58        | 36                | 40.38    | 33.8               |
| Suma  | 108.55   | 115.03   | 111.05     | 100.95   | 114.41   | 109.79       | 105.26            | 113.43   | 104.21             |
| Promedio  | 36.18    | 38.34    | 37.02      | 33.65    | 38.14    | 36.60        | 35.09             | 37.81    | 34.74              |
| Desv. Est.  | 2.630    | 1.299    | 0.729      | 3.537    | 1.882    | 4.125        | 2.151             | 3.960    | 1.157              |

La **Tabla (40)** presenta los datos del Diámetro de tallo (mm) de brócoli variedad Imperial bajo diferentes tratamientos. Destaca que el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech tiene el Diámetro de tallo 38.34 mm, mientras que las plantas tratadas con algas marinas Ficomar + ácido húmico Humitech 38.14 mm, el brócoli tratado solo con ácido húmico Humitech 37.81 mm, el brócoli tratado con algas marinas Algax sin ácido húmico 37.02 mm, las plantas de brócoli tratados con algas marinas Ficomar sin ácido húmico 36.6 mm, el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Forta 15 tiene el Diámetro de tallo de 36.18 mm, los que se han tratado solo con ácido húmico Forta 15 35.09 mm, el brócoli sin tratamiento alguno ha tenido el

Diámetro de tallo de 34.74 mm y los que se ha tratado con algas marinas Ficomar + ácido húmico Forta 15 33.65 mm. Los promedios de los diferentes tratamientos se visualiza gráficamente en la **Figura (25)**.

**Figura 25:**

*Promedios del Diámetro de tallo (mm) (01/01/24) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*



**Tabla 41:**

*Análisis de varianza de los promedios del Diámetro de tallo (mm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Fuente de variación            | GL | SC     | CM    | Fc   | P valor | Sig. |
|--------------------------------|----|--------|-------|------|---------|------|
| Bloque                         | 2  | 43.17  | 21.58 | 4.09 | 0.037   | *    |
| Algas marinas                  | 2  | 8.61   | 4.31  | 0.82 | 0.460   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2  | 44.95  | 22.47 | 4.25 | 0.033   | *    |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4  | 10.34  | 2.59  | 0.49 | 0.744   | NS   |
| Error                          | 16 | 84.52  | 5.28  |      |         |      |
| Total                          | 26 | 191.59 |       |      |         |      |

NS : No significativo

\*\* : Altamente significativo

La **Tabla (41)** presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Diámetro de tallo (mm) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.460 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de

Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre las Ácidos húmicos es 0.033 menor a 0.05, por lo tanto, existe diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir al menos dos de los promedios de los tratamientos son diferentes y el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.744 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos, es decir los promedios de las interacciones son iguales.

#### j) Diámetro de pella (cm)

**Tabla 42:**

*Datos observados del Diámetro de pella (cm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

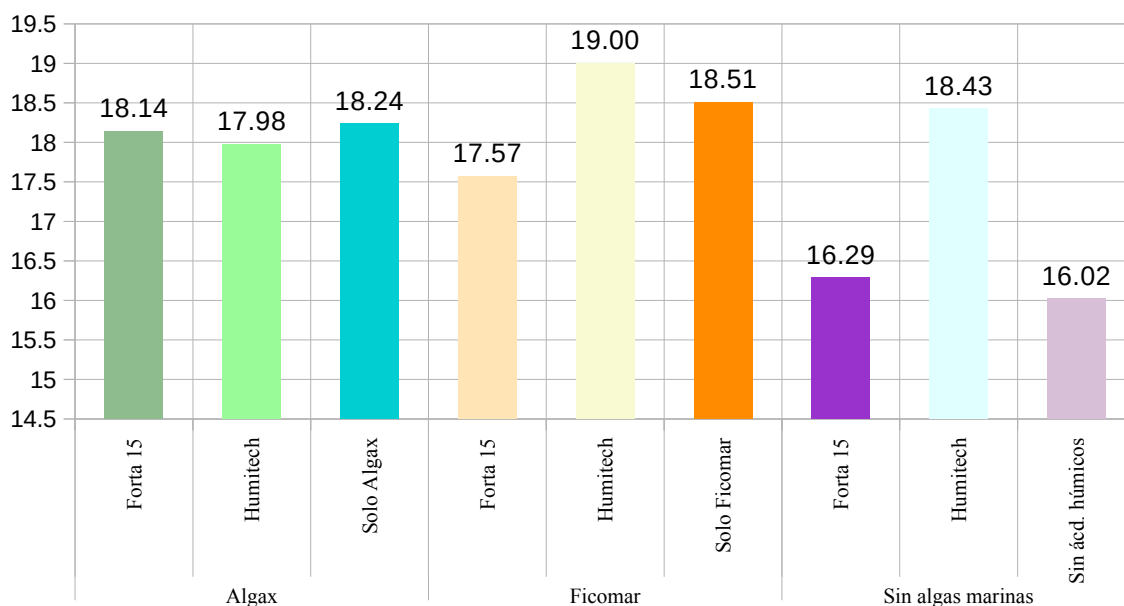
| Diámetro de pella (a la cosecha) (05/12/23) (mml) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|---|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|   | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1  | 16.88    | 16.75    | 16.78      | 16.83    | 18.08    | 19.55        | 15.73             | 16.4     | 16.08              |
| B2  | 18.1     | 19.93    | 18         | 16.2     | 19.43    | 18.85        | 15.55             | 18.38    | 16.88              |
| B3  | 19.43    | 17.25    | 19.93      | 19.68    | 19.5     | 17.13        | 17.58             | 20.5     | 15.1               |
| Suma  | 54.41    | 53.93    | 54.71      | 52.71    | 57.01    | 55.53        | 48.86             | 55.28    | 48.06              |
| Promedio  | 18.14    | 17.98    | 18.24      | 17.57    | 19.00    | 18.51        | 16.29             | 18.43    | 16.02              |
| Desv. Est.  | 1.275    | 1.710    | 1.588      | 1.854    | 0.800    | 1.245        | 1.124             | 2.050    | 0.892              |

La **Tabla** (42) ofrece los datos del Diámetro de pella (cm) de brócoli variedad Imperial bajo distintos tratamientos. Destaca que las plantas tratadas con algas marinas Ficomar + ácido húmico Humitech 19 cm, mientras que las plantas de brócoli tratados con algas marinas Ficomar sin ácido húmico 18.51 cm, el brócoli tratado solo con ácido húmico Humitech 18.43 cm, el brócoli tratado con algas marinas Algax sin ácido húmico 18.24 cm, el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Forta 15 tiene el Diámetro de pella de 18.14 cm, el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech tiene el Diámetro de pella 17.98 cm, los que se ha tratado con algas marinas Ficomar + ácido húmico Forta 15 17.57 cm, los que se han tratado solo con ácido húmico Forta 15

16.29 cm y el brócoli sin tratamiento alguno ha tenido el Diámetro de pella de 16.02 cm. Los promedios de los diferentes tratamientos se visualiza gráficamente en la **Figura (26)**.

**Figura 26:**

*Promedios del Diámetro de pella (cm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*



**Tabla 43:**

*Análisis de varianza de los promedios del Diámetro de pella (cm) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Fuente de variación            | GL   | SC    | CM   | Fc       | P valor | Sig. |
|--------------------------------|------|-------|------|----------|---------|------|
| Bloque                         | 2    | 9.64  | 4.82 | 2.73     | 0.096   | NS   |
| Algas marinas                  | 2    | 10.85 | 5.42 | 3.07     | 0.075   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2    | 6.41  | 3.20 | 1.81     | 0.195   | NS   |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4    | 7.32  | 1.83 | 1.04     | 0.420   | NS   |
| Error                          | 16   | 28.29 | 1.77 |          |         |      |
| Total                          | 26   | 62.51 |      |          |         |      |
| C. V. (%)                      | 8.16 |       |      | Promedio | 17.8    |      |

NS : No significativo

La **Tabla (43)** presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Diámetro de pella (cm) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.075 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de

Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre las Ácidos húmicos es 0.195 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir los promedios de los tratamientos son iguales y el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.420 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos, es decir los promedios de las interacciones son iguales.

### 5.1.3. Rendimiento del cultivo de brócoli variedad Imperial

#### a) Peso de pella (kg)

**Tabla 44:**

*Datos observados del Peso de pella (kg) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

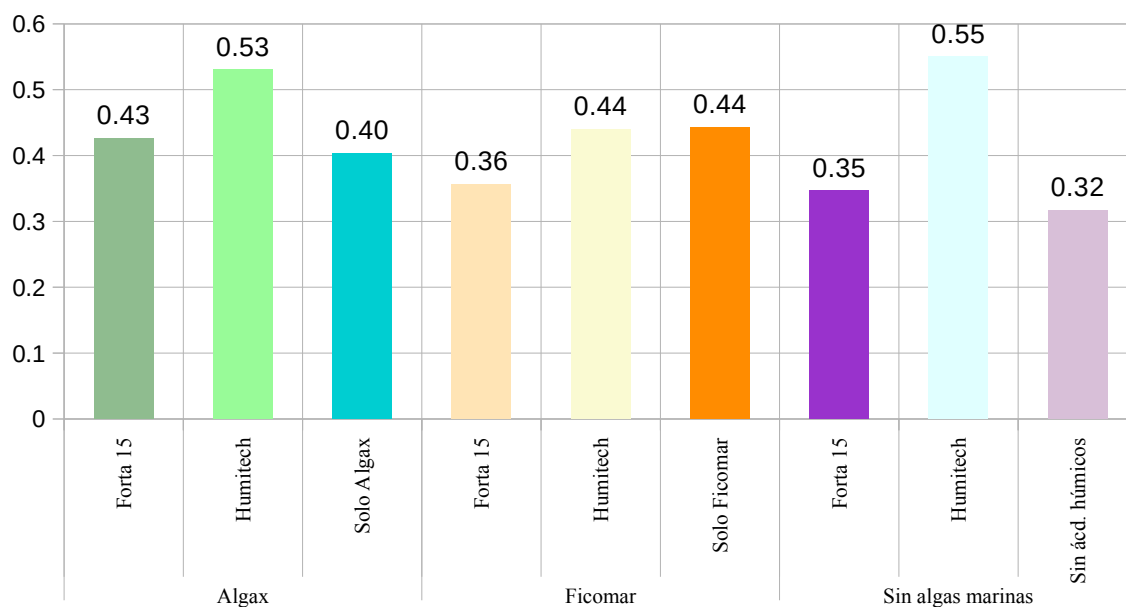
| Peso de pella (kg) (05/12/23) | Algax    |          |            | Ficomar  |          |              | Sin algas marinas |          |                    |
|-------------------------------|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------------|
|                               | Forta 15 | Humitech | Solo Algax | Forta 15 | Humitech | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech | Sin ácidos Húmicos |
| B1                            | 0.29     | 0.44     | 0.35       | 0.36     | 0.42     | 0.36         | 0.3               | 0.61     | 0.31               |
| B2                            | 0.43     | 0.5      | 0.47       | 0.29     | 0.45     | 0.55         | 0.29              | 0.48     | 0.33               |
| B3                            | 0.56     | 0.65     | 0.39       | 0.42     | 0.45     | 0.42         | 0.45              | 0.56     | 0.31               |
| Suma                          | 1.28     | 1.59     | 1.21       | 1.07     | 1.32     | 1.33         | 1.04              | 1.65     | 0.95               |
| Promedio                      | 0.43     | 0.53     | 0.40       | 0.36     | 0.44     | 0.44         | 0.35              | 0.55     | 0.32               |
| Desv. Est.                    | 0.135    | 0.108    | 0.061      | 0.065    | 0.017    | 0.097        | 0.090             | 0.066    | 0.012              |

La **Tabla** (44) muestra los datos observados del Peso de pella (kg) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas (Algax, Ficomar y sin algas marinas) y ácidos húmicos (Humitech, Forta 15 y sin ácidos húmicos (Testigo)). Se visualiza que el brócoli tratado solo con ácido húmico Humitech de 0.55 kg, mientras que el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech tiene el Peso de pella 0.53 kg, las plantas tratadas con algas marinas Ficomar + ácido húmico Humitech Peso de pella de 0.44 kg, las plantas de brócoli tratados con algas marinas Ficomar sin ácido húmico de 0.44 kg, el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Forta 15 tiene el Peso de pella de 0.43 kg, el brócoli tratado con algas marinas Algax sin ácido húmico de

0.4 kg, los que se ha tratado con algas marinas Ficomar + ácido húmico Forta 15 0.36 kg, los que se han tratado solo con ácido húmico Forta 15 0.35 kg y el brócoli sin tratamiento alguno ha tenido el Peso de pella de 0.32 kg. Los promedios de los diferentes tratamientos se visualiza gráficamente en la **Figura (28)**.

**Figura 27:**

*Promedios del Peso de pella (kg) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*



**Tabla 45:**

*Análisis de varianza de los promedios del Peso de pella (kg) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Fuente de variación            | GL   | SC   | CM   | Fc       | P valor | Sig. |
|--------------------------------|------|------|------|----------|---------|------|
| Bloque                         | 2    | 0.03 | 0.02 | 3.03     | 0.077   | NS   |
| Algas marinas                  | 2    | 0.01 | 0.01 | 1.12     | 0.350   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2    | 0.09 | 0.05 | 8.58     | 0.003   | **   |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4    | 0.04 | 0.01 | 2.06     | 0.134   | NS   |
| Error                          | 16   | 0.09 | 0.01 |          |         |      |
| Total                          | 26   | 0.27 |      |          |         |      |
| C. V. (%)                      | 19.3 |      |      | Promedio | 0.42    |      |

NS : No significativo

\*\* : Altamente significativo

La **Tabla** (45) presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Peso de pella (kg) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.350 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre las Ácidos húmicos es 0.003 menor a 0.05, por lo tanto, estadísticamente existe diferencia altamente significativa entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes y el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.134 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos, es decir los promedios de las interacciones son iguales.

**Tabla 46:**

*Comparación múltiple de Tukey (95% de confiabilidad) de los promedios del Peso de pella (kg) para el tratamiento con ácidos húmicos.*

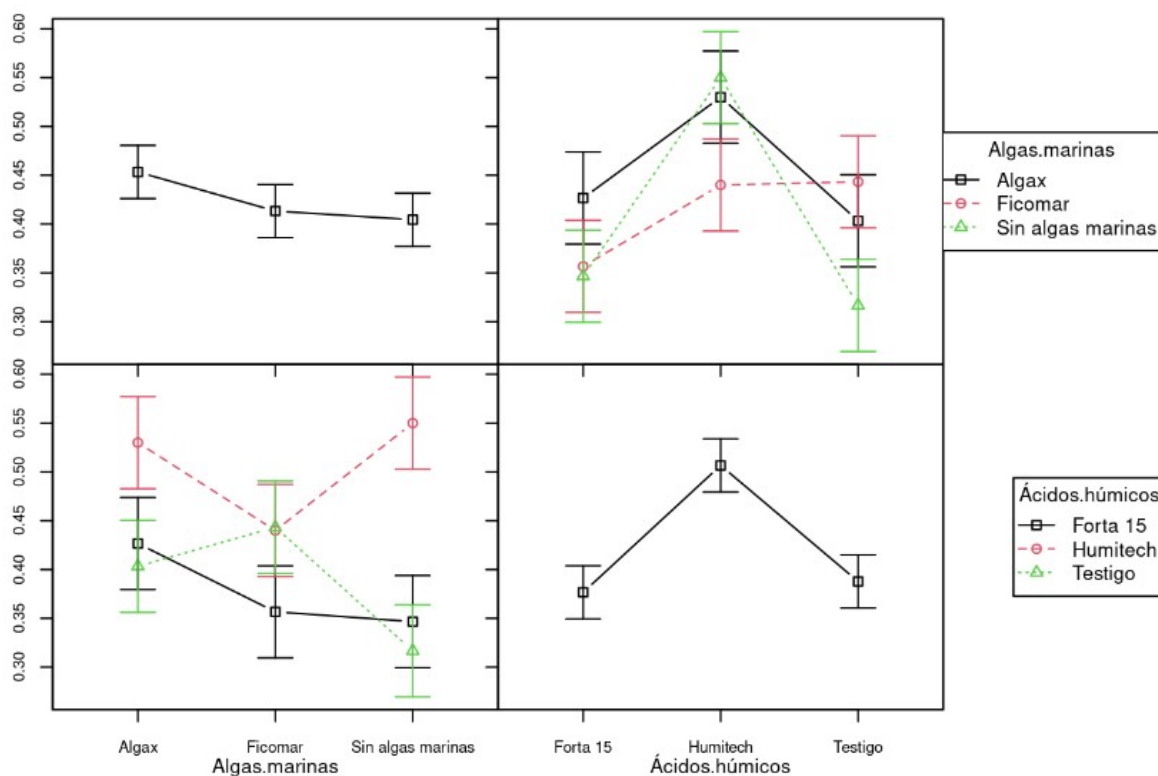
| Tratamiento        | Promedio | grupo |
|--------------------|----------|-------|
| Humitech           | 0.507    | a     |
| Sin ácidos húmicos | 0.388    | b     |
| Forta 15           | 0.377    | b     |

La **Tabla** (46) muestra la comparación múltiple de Tukey de los promedios del Peso de pella (kg) de brócoli variedad Imperial tratados con ácidos húmicos, en ella se visualiza que el tratamiento con Humitech produjo el mayor Peso de pella, con un promedio de 0.507 kg, este valor fue significativamente mayor que el de los otros dos tratamientos (Testigo y Forta 15), luego el tratamiento Testigo, sin aplicación de ácido húmico, tuvo un Peso de pella de 0.388 kg. Este valor fue significativamente menor que el del tratamiento Humitech, pero no se diferenció del tratamiento Forta 15, que tuvo un Peso de pella de 0.377 kg. En conclusión el tratamiento con Humitech produjo un mayor Peso de pella (kg) en el brócoli variedad Imperial que los tratamientos Testigo y Forta 15. No se encontró diferencia significativa en el Peso de pella (kg) entre los tratamientos Testigo y Forta 15.

La **Figura (28)** muestra la interacción entre los promedios de las variables algas marinas y ácidos húmicos sobre el peso de la pella de brócoli variedad Imperial. Se observa que el tratamiento con Humitech produce un mayor peso de pella, especialmente cuando se combina con Algax, indicando una interacción positiva entre ambos factores. Por otro lado, el peso tiende a disminuir en los tratamientos de Ficomar y en los que no se aplican algas o ácidos húmicos, lo que sugiere que la combinación de ciertos tratamientos de algas y ácidos puede optimizar el peso de la pella. En general, los datos evidencian que las combinaciones específicas de algas y ácidos húmicos tienen un impacto significativo, favoreciendo algunos tratamientos sobre otros en el rendimiento del cultivo de brócoli.

**Figura 28:**

*Promedios de la interacción de las variables algas marinas y ácidos húmicos del Peso de pella (kg) de brócoli variedad Imperial.*



### b) Rendimiento (kg/ha)

**Tabla 47:**

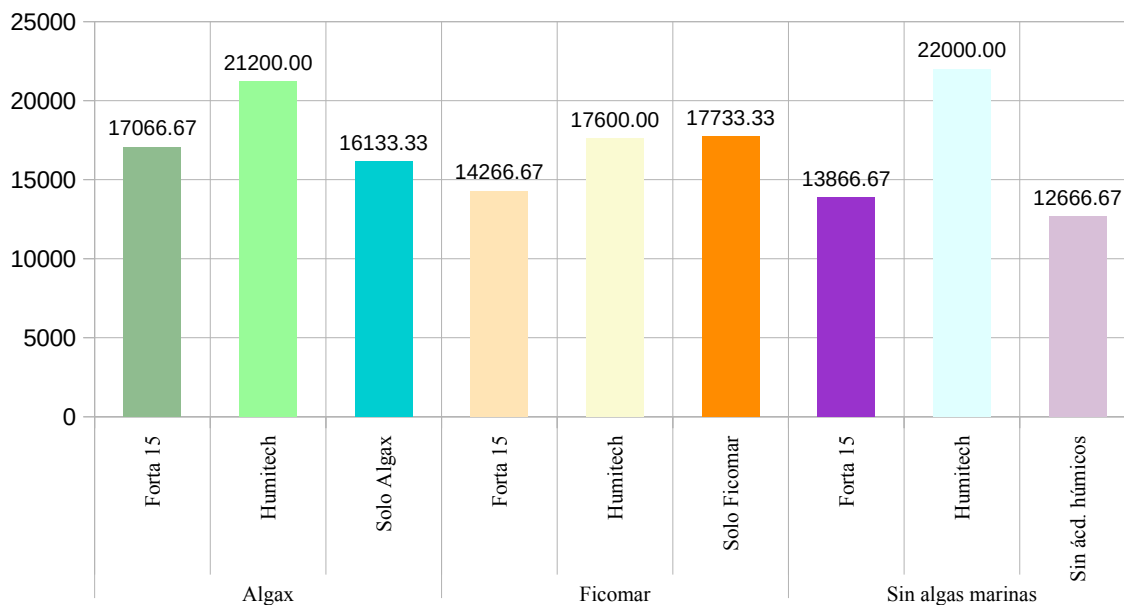
*Datos observados del Rendimiento (kg/ha) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.*

| Rendimiento<br>(kg/ha)<br>(05/12/23) | Algax     |           |            | Ficomar   |           |              | Sin algas marinas |           |                    |
|--------------------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|-------------------|-----------|--------------------|
|                                      | Forta 15  | Humitech  | Solo Algax | Forta 15  | Humitech  | Solo Ficomar | Forta 15          | Humitech  | Sin ácidos Húmicos |
| B1                                   | 11600     | 17600     | 14000      | 14400     | 16800     | 14400        | 12000             | 24400     | 12400              |
| B2                                   | 17200     | 20000     | 18800      | 11600     | 18000     | 22000        | 11600             | 19200     | 13200              |
| B3                                   | 22400     | 26000     | 15600      | 16800     | 18000     | 16800        | 18000             | 22400     | 12400              |
| Suma                                 | 51200     | 63600     | 48400      | 42800     | 52800     | 53200        | 41600             | 66000     | 38000              |
| Promedio                             | 17,066.67 | 21,200.00 | 16,133.33  | 14,266.67 | 17,600.00 | 17,733.33    | 13,866.67         | 22,000.00 | 12,666.67          |
| Desv. Est.                           | 5,401.234 | 4,326.662 | 2,444.040  | 2,602.563 | 692.820   | 3,885.014    | 3,585.155         | 2,622.975 | 461.880            |

La **Tabla (47)** muestra los datos observados del Rendimiento (kg/ha) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas (Algax, Ficomar y sin algas marinas) y ácidos húmicos (Humitech, Forta 15 y sin ácidos húmicos (Testigo)). Se visualiza que el brócoli tratado solo con ácido húmico Humitech 22000 kg/ha, mientras que el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Humitech tiene el Rendimiento (kg/ha) 21200 kg/ha, las plantas de brócoli tratados con algas marinas Ficomar sin ácido húmico 17733.33 kg/ha, las plantas tratadas con algas marinas Ficomar + ácido húmico Humitech 17600 kg/ha, el brócoli tratado con algas marinas Algax + ácido húmico Forta 15 tiene el Rendimiento (kg/ha) de 17066.67 kg/ha, el brócoli tratado con algas marinas Algax sin ácido húmico 16133.33 kg/ha, los que se ha tratado con algas marinas Ficomar + ácido húmico Forta 15 14266.67 kg/ha, los que se han tratado solo con ácido húmico Forta 15 13866.67 kg/ha y el brócoli sin tratamiento alguno ha tenido el Rendimiento (kg/ha) de 12666.67 kg/ha. Los promedios de los diferentes tratamientos se visualiza gráficamente en la **Figura (30)**.

**Figura 29:**

Promedios del Rendimiento (kg/ha) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.

**Tabla 48:**

Análisis de varianza de los promedios del Rendimiento (kg/ha) de brócoli variedad Imperial con aplicación de algas marinas y ácidos húmicos.

| Fuente de variación            | GL   | SC        | CM       | Fc       | P valor | Sig. |
|--------------------------------|------|-----------|----------|----------|---------|------|
| Bloque                         | 2    | 52800000  | 26400000 | 3.03     | 0.077   | NS   |
| Algas marinas                  | 2    | 19500000  | 9770000  | 1.12     | 0.350   | NS   |
| Ácidos húmicos                 | 2    | 150000000 | 74800000 | 8.58     | 0.003   | **   |
| Algas marinas * Ácidos húmicos | 4    | 71900000  | 18000000 | 2.06     | 0.134   | NS   |
| Error                          | 16   | 139000000 | 8720000  |          |         |      |
| Total                          | 26   |           |          |          |         |      |
| C. V. (%)                      | 19.3 |           |          | Promedio | 16948   |      |

NS : No significativo

\*\* : Altamente significativo

La **Tabla** (48) presenta la comparación de promedios (análisis de varianza) del Rendimiento (kg/ha) de brócoli variedad Imperial con tratamiento de algas marinas y ácidos húmicos, en ella que se presenta el P Valor entre las Algas marinas es 0.4187 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas, es decir los promedios de los tratamientos son iguales, luego el Valor P entre las Ácidos húmicos es 0.0056 menor a 0.05, por lo tanto, estadísticamente existe

diferencia altamente significativa entre los promedios de Ácidos húmicos, es decir al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes y finalmente el Valor P de la interacción entre las Algas marinas y Ácidos húmicos es 0.1977 mayor a 0.05, por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente entre los promedios de Algas marinas + Ácidos húmicos, es decir los promedios de las interacciones son iguales.

**Tabla 49:**

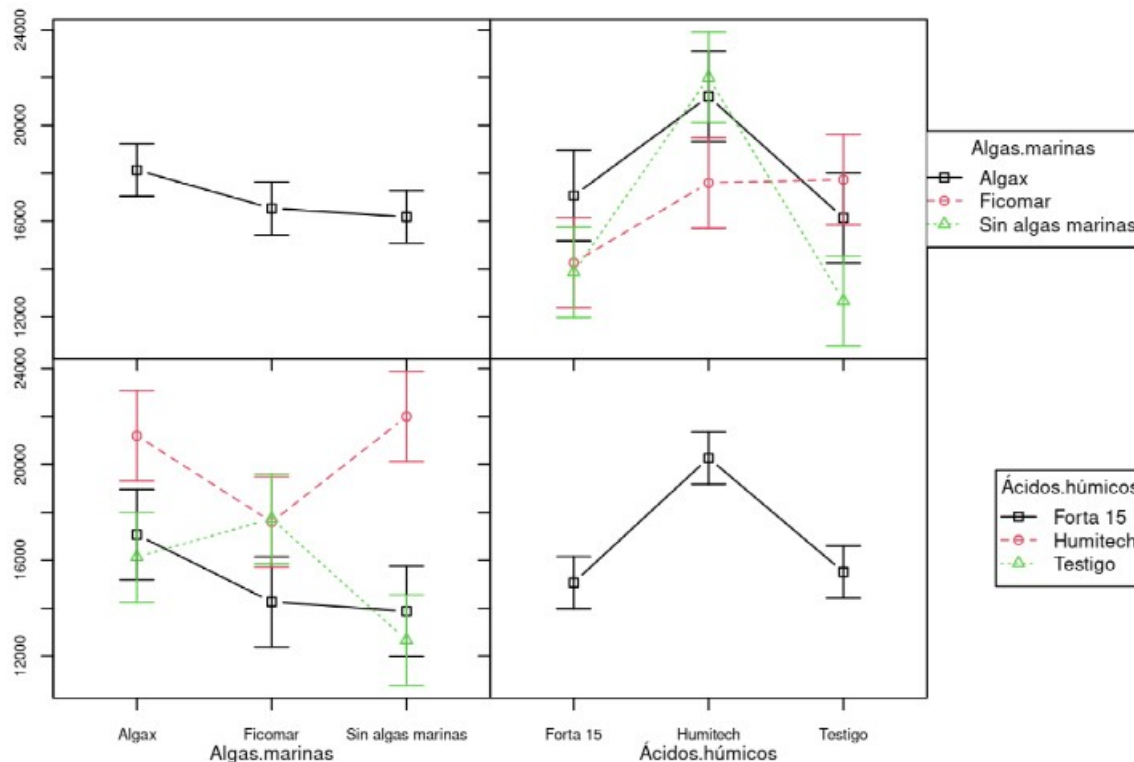
*Comparación múltiple de Tukey (95% de confiabilidad) de los promedios del Rendimiento (kg/ha) para el tratamiento con ácidos húmicos.*

| Tratamiento        | Promedio | grupo |
|--------------------|----------|-------|
| Humitech           | 20267    | a     |
| Sin ácidos húmicos | 15511    | b     |
| Forta              | 15067    | b     |

La **Tabla** (49) muestra la comparación múltiple de Tukey de los promedios del Rendimiento (kg/ha) de brócoli variedad Imperial tratados con ácidos húmicos, en ella se visualiza que el tratamiento con Humitech produjo el mayor rendimiento de brócoli, con un promedio de 20267 kg/ha, este valor fue significativamente mayor que el de los otros dos tratamientos (Testigo y Forta), mientras que el tratamiento Testigo, sin aplicación de ácido húmico, tuvo un rendimiento de 15511 kg/ha, en este caso este valor fue significativamente menor que el del tratamiento Humitech, pero no se diferenció del tratamiento Forta 15, que tuvo un rendimiento de 15067 kg/ha, similar al del tratamiento Testigo. En conclusión el tratamiento con Humitech produjo un mayor rendimiento (kg/ha) en el brócoli variedad Imperial que los tratamientos Testigo y Forta. No se encontró diferencia significativa en el rendimiento (kg/ha) entre los tratamientos Testigo y Forta.

**Figura 30:**

Promedios de la interacción de las variables algas marinas y ácidos húmicos del Rendimiento (kg/ha) de brócoli variedad Imperial.



La **Figura** (30) muestra la interacción entre los promedios de las variables algas marinas y ácidos húmicos, sobre el rendimiento del brócoli variedad Imperial, medido en kg/ha. Se observa que el tratamiento Humitech, especialmente en combinación con la ausencia de algas marinas, genera el mayor rendimiento. Por otro lado, los tratamientos con Ficomar y sin algas muestran rendimientos menores, especialmente cuando se combinan con el Testigo (sin ácidos húmicos). Estos resultados sugieren que la combinación de Humitech con la ausencia de algas optimiza el rendimiento, mientras que otras combinaciones tienden a reducir la producción, resaltando la importancia de una interacción específica entre los tipos de algas y ácidos húmicos para mejorar la productividad del cultivo.

## 5.2. Discusión

En la presente investigación se determinó que la aplicación de algas marinas y ácidos húmicos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial) no tuvo un

impacto significativo en las fases fenológicas ni en las características agronómicas evaluadas, con la excepción del rendimiento del cultivo, donde se observó que el tratamiento con Humitech resultó en un aumento significativo del peso promedio de pella y del rendimiento total. Estos hallazgos contrastan y, en algunos casos, coinciden con los resultados reportados por otros autores.

Toapanta Chicaiza (2022) encontró que los ácidos húmicos a una concentración de 2 g/L fueron efectivos para mejorar el rendimiento del cultivo de brócoli, aunque no se observaron diferencias significativas en la altura de la planta, lo cual es consistente con nuestros hallazgos donde tampoco se detectaron diferencias significativas en la altura del brócoli tratada con ácidos húmicos y algas marinas. Sin embargo, mientras que nuestro estudio no encontró un efecto significativo de los extractos de algas marinas, Toapanta Chicaiza reportó valores más altos en altura de planta al utilizar combinaciones de algas marinas y ácidos húmicos, lo que sugiere que la concentración y las condiciones de aplicación podrían ser factores determinantes en la respuesta del cultivo.

De manera similar, Zamora Vaca (2014) reportó que el uso de ácidos húmicos y fúlvicos, específicamente Pieler humus, tuvo un impacto positivo en el crecimiento y rendimiento del brócoli, particularmente en la altura de la planta y el diámetro de la pella, resultados que no se replicaron en nuestra investigación, donde no se encontraron diferencias significativas en estas variables. Este contraste puede deberse a las diferencias en las variedades de brócoli utilizadas, las condiciones ambientales, y las dosis específicas de ácidos húmicos y fúlvicos aplicadas.

Por otro lado, los resultados obtenidos por Espinoza Ulloa (2015) con la aplicación de abonos foliares Biol y Té de estiércol, que mostraron un aumento significativo en el crecimiento y rendimiento de pella, se alinean en parte con nuestros hallazgos sobre el rendimiento, donde el tratamiento con Humitech también produjo un aumento significativo en el rendimiento de la pella. Sin embargo, la falta de diferencias significativas en las otras características agronómicas en nuestro estudio sugiere que la eficacia de los

tratamientos puede depender de las características específicas del suelo y las condiciones de cultivo.

Noé Soria (2020) observó que, aunque los extractos de algas marinas mejoraron el rendimiento del brócoli, estas mejoras no fueron significativamente diferentes al control. Este resultado es congruente con nuestras conclusiones, donde las algas marinas no mostraron un impacto significativo en el rendimiento, subrayando la variabilidad en la respuesta de los cultivos a los tratamientos con algas marinas.

Finalmente, investigaciones como las de Hidrogo Gonzales (2015) y Marquina Durand (2018), que demostraron la eficacia de altas dosis de ácidos húmicos y otros insumos en el rendimiento del brócoli, reflejan la importancia de la dosificación y el manejo preciso de los tratamientos. Aunque nuestro estudio utilizó Humitech, que mostró un impacto positivo, otros estudios han indicado que diferentes fuentes y concentraciones de ácidos húmicos pueden tener efectos variables sobre el rendimiento y otras características agronómicas.

Por lo tanto, mientras que nuestro estudio destaca la eficacia del tratamiento Humitech en mejorar el rendimiento del brócoli, es evidente que la respuesta a los tratamientos de ácidos húmicos y algas marinas puede variar considerablemente según las condiciones específicas del cultivo, la concentración de los tratamientos, y las variedades utilizadas. Estos hallazgos sugieren la necesidad de seguir investigando para optimizar las prácticas de manejo de fertilización en el cultivo de brócoli y para comprender mejor las condiciones bajo las cuales estos insumos pueden ofrecer los mayores beneficios.

## VI. Conclusiones

- Al determinar el efecto de algas marinas y ácidos húmicos en la fase fenológica del cultivo de brócoli, se ha llegado a los siguientes resultados: El período de emergencia tuvo una duración de 7 días. En cuanto al desarrollo vegetativo, se encontró un promedio de 89.2 días para todas las condiciones evaluadas. En lo que respecta a la inducción floral y la formación de pella, los resultados fueron similares se observó un promedio de 8.7 días para la inducción floral y 11.1 días para la formación de pella en todas las condiciones evaluadas. Finalmente, en lo que respecta a la madurez de la pella (cosecha), se observó un promedio de 9.37 días en todas las condiciones evaluadas. Por lo tanto los resultados sugieren que la aplicación de algas marinas y ácidos húmicos no tuvo un impacto significativo en las diferentes etapas del cultivo de brócoli evaluadas en este estudio.
- Sobre el efecto de algas marinas y ácidos húmicos en las características agronómicas del brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), se observaron que: en cuanto al número de hojas, los tratamientos con Algax + Forta 15 y Algax + Humitech registraron promedios de 17.58 y 16.92 unidades respectivamente. Sin embargo, estadísticamente no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ). En la variable altura de planta, se registraron promedios de 49.42 cm para el tratamiento Algax + Humitech y 52.44 cm para Ficomar + Humitech. Al igual que con el número de hojas, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ( $P > 0.05$ ). Respecto al diámetro del tallo, los tratamientos Ficomar + Humitech y Algax + Forta 15 presentaron promedios de 38.14 mm y 36.18 mm, respectivamente, en el análisis de varianza no se encontró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ( $P > 0.05$ ). Finalmente, en relación con el diámetro de la pella, los tratamientos con Ficomar + Humitech y con solo Forta 15 mostraron promedios de 19.00 cm y 16.29 cm,

respectivamente, sin embargo no reveló diferencias significativas entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ).

- Sobre el efecto de la interacción entre algas marinas y ácidos húmicos en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleraceae* var. Imperial), mostró que, aunque no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de algas marinas, sí hubo diferencias significativas en los tratamientos de ácidos húmicos. En particular, el tratamiento con Humitech produjo el mayor peso promedio de pella (0.55 kg) y el mayor rendimiento (22000 kg/ha) con una dosis de 15ml/3 L de agua, superando significativamente a los tratamientos Testigo y Forta 15, mientras que el tratamiento Algax + Humitech alcanzó un rendimiento promedio de 21200 kg/ha. Estos resultados subrayan el impacto positivo del ácido húmico Humitech en la mejora del rendimiento del cultivo, a diferencia del uso de algas marinas, que no mostró un efecto significativo.

## VII. Recomendaciones

- Se recomienda a los agricultores utilizar el ácido húmico (Humitech) con una dosis de 15ml/3 L de agua, donde el resultado obtenido mostró el mayor rendimiento en el cultivo de brócoli imperial.
- Realizar más trabajos de investigación utilizando diferentes productos de algas marinas y ácidos húmicos.
- Se recomienda evaluar diferentes dosis en futuras investigaciones, momento de aplicación de algas marinas más ácidos húmicos y así poder contribuir con la información para garantizar a los agricultores a la vez, puedan aprovechar al máximo estos tratamientos para mejorar el rendimiento y la calidad de sus cultivos de brócoli.
- Se recomienda realizar investigaciones futuras en la aplicación de las algas marinas y ácidos húmicos en otros cultivos de importancia económica.

### VIII. Referencias

- Aruquipa Alejo, O. (2022), en su trabajo de investigación denominado "Comportamiento agronómico de dos variedades de col rizada (*Brassica oleracea* var. Sabellica) bajo dos frecuencias de aplicación de caldo de humus de lombriz. La Paz – Bolivia.
- Baldotto, M. A., & Baldotto, L. E. B. (2014). Ácidos húmicos. *Revista Ceres*, 61, 856–881.
- Barreto serrano, B. (2018). Evaluación del efecto bioinsecticida de tres extractos orgánicos para el control de pulgón (*Brevicoryne Brassicae* L.) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica). Distrito de Chuquibambilla provincia- Grau- Apurímac"
- Bastida Cañada, O. A. (2023). Brócoli, un cultivo agrícola de mucha importancia. Blog Agricultura. <https://blogagricultura.com/brocoli-cultivo-importante/>
- Bornewasser, J. A. (Johannes A., D'Haenens, A., Moorsel, P. van., Baelde, M. (Michel E. J., Kossmann, E. H. (Ernst H., & Krul, W. E. (Wessel E. (2018). *Winkler Prins geschiedenis der Nederlanden*.
- Caceres Yucra e,(2019), Evaluación del efecto de dos dosis de abono orgánico de equino descompuesto, sobre dos variedades de brocoli (*Brassica oleracea* L.) en ambiente atemperado en el centro experimental cota cota la Paz – Bolivia 2019.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
- Chen, Y., & Aviad, T. (1990). Effects of humic substances on plant growth. In *Humic substances in soil and crop sciences: Selected readings* (pp. 161-186). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America.
- Company, R. (2023). FORTA 15 - Rodel Company. <https://rodelcompany.com/producto/forta-15/>

- Condori Pacha, W.G.(2019) Impacto del abonamiento orgánico con niveles de compost y ácidos húmicos en el rendimiento de pellas de coliflor (*Brassica oleracea* L. Var. botrytis) CV. "Bola de Nieve".Arequipa.
- Diccionario. (2023). Definición de Cultivo» Concepto en DefinicionABC. <https://www.definicionabc.com/general/cultivo.php>
- Elías Castillo, Francisco; Castellvi Sentis, Francesc (2001). Agrometeorología (2ª edición). Madrid: Mundi-Prensa. ISBN 84-7114-973-7.
- Espinoza Ulloa, L. M. (2015), Evaluación de la eficiencia de cinco abonos foliares orgánicos en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* l. var. itálica) en la estación experimental docente "la argelia" de la universidad nacional de Loja-Ecuador.
- Farmagro. (2023a). Ficomar - Extracto de algas (*Ascophyllum nodosum*). <http://www.farmagro.com.pe/p/ficomar/>
- Farmagro. (2023b). Humitech - Ácidos Húmicos + Ácidos Fúlvicos + Potasio. <http://www.farmagro.com.pe/p/humitech/>
- Fernandez, E. R. (2001). Fertilización. El Cultivo Del Olivo. D. Barranco., Fernández ER y Rallo L.(Eds.) Edición Mundi-Prensa, Madrid España, 155–284.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6ta ed.). McGraw-Hill.
- Hidrogo Gonzales, J. C. (2015). Dosis de ácido húmico granulado de leonardita y ácidos húmicos fulvicos con macro y micro elementos en el cultivo de brocoli (*Brassica oleracea*) sector de Quillo allpa-distrio y provincia de Lamas Tarapoto –Perú.
- Horticulture Innovation Australia. (2021). *Brassica oleracea* var. Imperial. En Vegetable variety database. <https://www.vegetablesvictoria.com.au/varieties/brassica-oleracea-var-imperial>

- Hortus. (2023). Hortus. <https://www.hortus.com.pe/detalle-noticia/para-que-sirve-el-extracto-de-algas-marinas>
- Huaman Villegas, F.D (2022). Determinación de la dosis óptima de guano de isla en el comportamiento agronómico del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L.) var. itálica en dos densidades de siembra, Chachapoyas- Perú.
- Hurtado Cajamarca, Y.E (2018). Elaboración y uso del abono tipo bocashi en la producción de almácigos de brócoli (*brassica oleracea*) var. legacy – Andahuaylas Apurímac.
- Kögel-Knabner, I. (2002). The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(2), 139-162. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00158-4](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00158-4)
- Marquina Durand, M. R. (2018). Evaluación de cuatro dosis de fertilizante orgánico enriquecido con microorganismos (Ferti EM) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) variedad Royal Favor F-1 Hyb, en la provincia de Lamas.
- Medjdoub, R. (2020). Las algas marinas y la agricultura. División Agrícola Catsaigner Diego Hermanos SA.
- Muscolo, A., Sidari, M., & Attinà, E. (2013). Effect of humic acids on plant growth and crop yields. In F. J. Stevenson et al. (Eds.), *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems* (pp. 219-257). Elsevier.
- Noé Soria, M. J. (2020). Fertilización foliar con extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. itálica cv.'Paraíso'). 152.Cañete –Lima
- Ortiz Huamani, H. (2019), Abonamiento Orgánico y Químico en el Cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* L.) En la Comunidad campesina de los Ángeles, Huancarama-Adahuaylas-Apurímac.

- SCRBBE. (2023), crecimiento y desarrollo de la planta | Botánica. Biología.  
<https://www.infobiologia.net/2016/02/botanica-crecimiento-desarrollo-planta.html>
- Stevenson, F. J. (1994). *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions* (2nd ed.). Wiley.
- Tamayo y Tamayo, M. (2013). *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa.
- Toapanta Chicaiza, J. F. (2022). Evaluación de la aplicación de extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) y ácidos húmicos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Italica).
- Toapanta Chicaiza, J. F. (2022). Evaluación de la aplicación de extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) y ácidos húmicos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Italica). Cevallos - Ecuador.
- Toledo Hevia, J. (2003). Cultivo del brócoli. Instituto Nacional de Investigación Agraria, 1, 59.
- Toledo, J. (2003). Cultivo del brócoli. Manual RI 2003; n. 01.
- Zamora Vaca, F. V.(2014) "evaluación del efecto a la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Itálica)". Ambato – Ecuador.