



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS BIOFERTILIZANTES BIOL Y ALGAS  
MARINAS APLICADOS AL SUELO Y FOLLAJE EN LA PRODUCCIÓN DE  
PAPA (SOLANUM TUBEROSUM) VARIEDAD SUPERCHOLA EN EL CANTÓN  
MONTÚFAR, PROVINCIA DEL CARCHI.”**

**JOVANNY GABRIEL SUQUILLO SIMBAÑA**

**TUTOR: MARITZA DE LOS ANGELES MIER QUIROZ, MSc.**

**IBARRA – ECUADOR  
FEBRERO, 2025**

Ibarra, 14 de marzo de 2025

Doctora  
Moraima Mera  
**DIRECTORA DE LA ESCUELA ECAA**

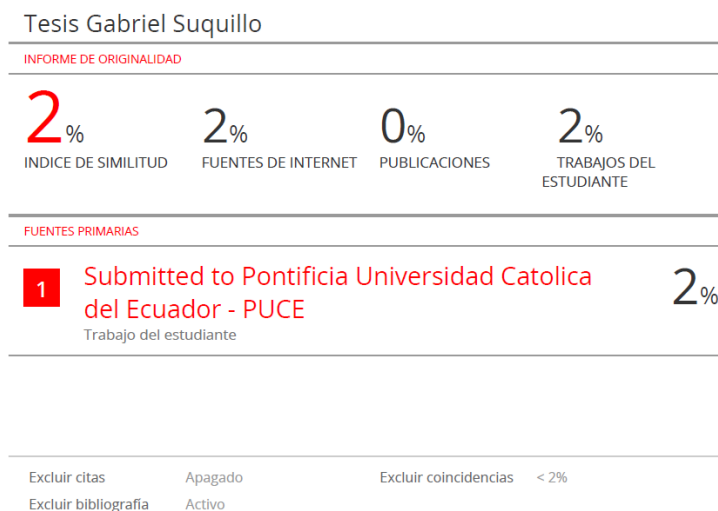
De mi consideración:


Mediante el presente, tengo a bien certificar que el **trabajo de titulación** de la estudiante: **Jovanny Gabriel Suquillo Simbaña** con el tema: Evaluación del efecto de los biofertilizantes, biol y algas marinas aplicados al suelo y follaje en la producción de papa (*Solanum tuberosum*) variedad super Chola en el cantón Montúfar, provincia del Carchi.

Una vez analizado por la herramienta de detección de coincidencias y prevención del plagio académico utilizada por la institución, **TURNITIN**, obtiene el **2 %** de coincidencia.

Por lo que se encuentra en el rango establecido de acuerdo a los criterios de valoración del porcentaje de similitud establecidos por la PUCE.

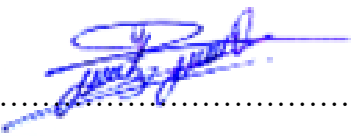
Captura:

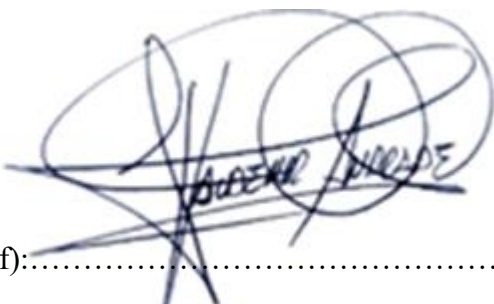



  
FIRMA  
MARITZA DE LOS ÁNGELES MIER QUIROZ  
C.I. 1002878286  
FECHA: 14/03/2025

## PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f):   
Mgs Maritza De Los Angeles Mier Quiroz  
C.C.:1002878286

(f):   
José Valdemar Andrade Cadena  
C.C.:1001927167

(f):   
Ph.D. Jhenny Marlene Cayambe Terán.  
C.C.: 1721122370

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, JOVANNY GABRIEL SUQUILLO SIMBAÑA, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 12 de marzo de 2025



f): .....

*JOVANNY GABRIEL SUQUILLO SIMBAÑA*

C.C.: 0450094073

## AUTORÍA

Yo, *JOVANNY GABRIEL SUQUILLO SIMBAÑA*, portador de la cédula de ciudadanía N° 0450094073, declaro que el presente trabajo de investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.



f):.....

*JOVANNY GABRIEL SUQUILLO SIMBAÑA*

C.C.: 0450094073

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo final a las personas que han sido mi pilar durante todo este camino universitario.

Primero, a Dios, por darme la fortaleza y la sabiduría para superar cada obstáculo en este proceso de estudio, ya que sin su guía y bendición, este logro no habría sido posible. Donde en los momentos de incertidumbre y dificultad, su presencia me brindó la paz y la motivación para seguir adelante, recordándome que todo esfuerzo tiene su recompensa.

A mis padres, Jovanny y Susana, quienes con su amor incondicional y sacrificio han sido el cimiento sobre el que se ha construido mi formación personal y académica. Gracias por su apoyo constante, por sus palabras de aliento en los momentos donde me ha resultado difícil continuar y por enseñarme, con su ejemplo, el valor del esfuerzo y la dedicación. Cada logro que obtengo es un reflejo de su trabajo y amor inagotable.

A mis hermanos, Óscar y Tomás, por ser más que mi familia, mis compañeros de vida y sobre todo mis padrinos, su apoyo silencioso, sus consejos y su confianza en mí han sido una fuente de motivación inigualable. Gracias por creer en mí y por recordarme siempre la importancia de trabajar honestamente, la lealtad y sobre todo la perseverancia.

A los pocos pero valiosos amigos que he hecho a lo largo de la carrera, porque en este viaje no solo se trata de aprender de los libros, sino también de las personas que nos acompañan. Su compañía, risas y palabras de ánimo han hecho que este camino sea más llevadero, convirtiendo los desafíos en experiencias más amenas y enriquecedoras.

Finalmente, dedico este trabajo a mí mismo, como un recordatorio de que la perseverancia y el esfuerzo siempre tienen su recompensa. Este logro es el resultado de años de dedicación y sacrificio, y simboliza el inicio de nuevas metas y desafíos que están por venir..

Jovanny Gabriel Suquillo Simbaña

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que, de una u otra forma, han sido parte fundamental en este proceso que hoy culmina.

En primer lugar, agradezco a Dios, por su infinita bondad y sabiduría, gracias, Señor, por ser mi guía y mi fortaleza en los momentos de incertidumbre, por brindarme la paciencia y la energía necesarias para seguir adelante. Sin tu luz y tu bendición, este camino habría sido mucho más difícil, y por eso toda la gloria es para ti.

A mi familia, mis padres y hermanos, mi más sincero agradecimiento. Ustedes han sido mi refugio y mi apoyo incondicional, gracias por cada palabra de ánimo, por creer en mí incluso cuando yo dudaba de seguir adelante, y por ser mi motivación constante. Este logro es el resultado de su amor y esfuerzo, y les estaré eternamente agradecido.

A mi segunda familia, mi novia y mi hijo, les agradezco con todo mi corazón; a ti, mi amor, por tu comprensión, por estar siempre a mi lado, y por ser mi compañera en cada paso de este camino. Y a mi hijo Eithan Gabriel, que, desde noviembre del 2023, empezaste a ser la mayor inspiración y razón por la cual seguir adelante. Ustedes son mi motor, y este trabajo es también el reflejo de lo que juntos hemos construido a lo largo de este camino.

A todos ustedes, gracias por estar siempre, por su amor incondicional y por ser mi razón de lucha. Este logro es tanto suyo como mío.

## ● INDICE

●	INDICE.....	viii
●	ÍNDICE DE TABLAS .....	x
●	ÍNDICE FIGURAS .....	xi
●	ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
●	CAPITULO I .....	15
●	INTRODUCCIÓN .....	15
●	CAPITULO II .....	18
●	OBJETIVOS .....	18
	2.1 Objetivo General: .....	18
	2.1.1 Objetivos Específicos:.....	18
	2.1.2 Hipótesis.....	18
●	CAPÍTULO III.....	19
●	ESTADO DEL ARTE .....	19
	3.1 Biofertilizantes .....	19
	3.2 Biol.....	20
	3.2.1 Beneficios del biol .....	20
	3.2.2 Composición química .....	21
	3.2.3 Elaboración del biol .....	22
	3.2.4 Dosis .....	22
	3.2.5 Acción del biol en la planta y el suelo .....	23
	3.2.6 Formas de aplicación de un biol .....	23
	3.3 Algas marinas.....	24
	3.3.1 Que son y para que sirven.....	24
	3.3.2 Tipos de algas marinas usados en la agricultura.....	25
	3.3.3 Extracto de algas marinas .....	25
	3.3.4 Beneficios de las algas marinas .....	27
	3.3.5 Dosis y frecuencias de aplicación.....	28

3.4	Importancia económica de la papa y su producción a nivel nacional .....	28
3.4.1	Requerimientos nutricionales .....	29
3.4.2	Emergencia .....	29
3.4.3	Altura de planta.....	30
3.4.4	Tallos de la planta .....	30
3.4.5	Peso de follaje, raíz y tubérculos .....	30
3.4.6	Rendimiento.....	31
3.4.7	Costos de producción.....	31
3.4.8	Variedades de papas cultivadas en el Ecuador .....	32
3.4.9	Variedad Superchola y su relevancia económica .....	32
●	<b>CAPÍTULO IV</b> .....	34
●	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	34
4.1	Materiales.....	34
4.2	Ubicación del área de estudio .....	34
4.3	Variables evaluadas.....	35
4.3.1	Variables independientes .....	35
4.3.2	Variables dependientes .....	35
4.4	Diseño experimental.....	35
4.4.1	Factor en estudio .....	35
4.4.2	Tratamientos .....	36
4.4.3	Esquema del ANOVA .....	36
4.5	Análisis estadístico.....	37
4.6	Unidades experimentales .....	37
4.7	Manejo específico del experimento .....	38
4.7.1	Selección y toma de muestra de suelo .....	38
4.7.2	Análisis de biol .....	38
4.7.3	Composición nutricional del biol a base de algas marinas .....	38

4.7.4	Determinación de niveles de fertilización .....	39
4.7.5	Preparación del terreno .....	39
4.7.6	Siembra y desinfección del suelo.....	40
4.7.7	Manejo de plagas .....	40
4.7.8	Control de enfermedades .....	40
4.8	Medición de variables .....	41
4.8.1	Evaluación del efecto de los biofertilizantes biol y algas marinas aplicados al suelo y follaje en la producción de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ) variedad Superchola.....	41
4.8.2	Comparación del rendimiento en producción de la papa variedad Superchola entre los tratamientos de biofertilizantes aplicados al suelo, follaje y un testigo.....	42
4.8.3	Determinación del costo/beneficio del uso de tipos de biofertilizantes aplicados al suelo y follaje.....	43
●	<b>CAPÍTULO V</b> .....	44
●	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	44
5.1	Prueba de normalidad y homogeneidad de la varianza .....	44
5.2	Análisis estadístico de las variables .....	45
5.2.1	Porcentaje de emergencia .....	45
5.2.2	Altura de planta (crecimiento de 30 a 120 días después de la siembra) .....	48
5.2.3	Número de tallos a los 45 días después de la siembra (tallos planta <sup>-1</sup> ) .....	52
5.2.4	Peso del follaje en kilogramos .....	55
5.2.5	Peso de raíz + tubérculos en kilogramos .....	58
5.2.6	Número y peso de tubérculos por planta .....	61
5.2.7	Rendimiento total en toneladas por hectárea (t ha <sup>-1</sup> ) .....	64
5.2.8	Rendimiento por categoría en toneladas por hectárea (t ha <sup>-1</sup> ).....	67

5.2.9 Costos de producción.....	71
● CAPÍTULO VI .....	74
● CONCLUSIONES .....	74
● CAPÍTULO VII .....	76
● RECOMENDACIONES.....	76
● CAPÍTULO VIII.....	78
● REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	78
● ANEXOS .....	89

## ● ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación de tipos de biofertilizantes según su composición y beneficios.....	19
Tabla 2 Composición y beneficios de las algas marinas .....	28
Tabla 3 Costos por hectárea para la producción de papa variedad Superchola .....	31
Tabla 4 Equipos e insumos .....	34
Tabla 5 Descripción del Área de Estudio .....	35
Tabla 6 Descripción de los tratamientos .....	36
Tabla 7 Fuentes de análisis de varianza (ANOVA) con grados libertad .....	36
Tabla 8 Diseño de la unidad experimental de la investigación.....	37
Tabla 9 Composición química del producto comercial .....	39
Tabla 10 Niveles de fertilización determinados para la investigación .....	39
Tabla 11 Rotación y aplicación de ingredientes activos.....	40
Tabla 12 Resultados de la prueba de normalidad para las variables dependientes.....	44
Tabla 13 Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia .....	45
Tabla 14 Análisis de varianza para la altura de planta de 30 a 120 días después de la siembra .....	48
Tabla 15 Análisis de varianza para el numero de tallos.....	52
Tabla 16 Análisis de varianza para el peso del follaje (kg) .....	55
Tabla 17 Análisis de varianza para el peso de raíz + tubérculos (kg) .....	58
Tabla 18 Análisis de varianza para el número y peso de tubérculos .....	61
Tabla 19 Análisis de varianza para el rendimiento t ha <sup>-1</sup> .....	64
Tabla 20 Análisis de varianza para el rendimiento de papa primera, segunda y tercera .....	67
Tabla 21 Costos de Producción para la Siembra y Cosecha de Papa Variedad Superchola	71

● **ÍNDICE FIGURAS**

Figura 1 Ubicación del ensayo experimental.....	34
Figura 2 Esquema de disposición del ensayo .....	38
Figura 3 Prueba de comparación de promedios para la variable porcentaje de emergencia (%) .....	46
Figura 4 Prueba de comparación de promedios para la variable altura de planta a) a los 30, b) a los 60, c) a los 90 y d) 120 días (cm) .....	49
Figura 5 Prueba de comparación de promedios para la variable número de tallos a los 45 días (tallos planta <sup>-1</sup> ) .....	53
Figura 6 Prueba de comparación de promedios para la variable peso del follaje (kg) .....	56
Figura 7 Prueba de comparación de promedios para la variable peso de la raíz + tubérculos (kg).....	59
Figura 8 Prueba de comparación de promedios para la variable a) número y b) peso de tubérculos planta <sup>-1</sup> .....	62
Figura 9 Prueba de comparación de promedios para la variable rendimiento t ha <sup>-1</sup> .....	65
Figura 10 Prueba de comparación de promedios para la variable rendimiento por categoría: a) primera, b) segunda y c) tercera en toneladas por hectárea (t ha <sup>-1</sup> ) .....	68

● **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1 Tabla de datos tomados en campo .....	89
Anexo 2 Elaboración del biol .....	90
Anexo 3 Toma de muestras de suelo .....	90
Anexo 4 Análisis químico de suelo .....	91
Anexo 5 Análisis químico del biol a base de estiércol bovino .....	91
Anexo 6 Fotografía de colocación de estacas en el lote .....	92
Anexo 7 Fotografía de la siembra de semilla.....	93
Anexo 8 Fotografía de medición del porcentaje de germinación .....	94
Anexo 9 Fotografía de toma de altura a los 30 días.....	94
Anexo 10 Fotografía de curación de papas contra lancha .....	95
Anexo 11 Fotografía de productos para control fitosanitario de la papa en etapa de engrose .....	95
Anexo 12 Fotografía sobre el peso del follaje y raíz más tubérculos .....	96
Anexo 13 Fotografía de la cosecha del ensayo experimental .....	97
Anexo 14 Fotografía del peso de papas por categoría (primera, segunda y tercera) .....	97

## RESUMEN

Los biofertilizantes son enmiendas biológicas que mejoran la fertilidad del suelo y estimulan el crecimiento vegetal, reduciendo la dependencia de fertilizantes sintéticos. Entre ellos, el biol y las algas marinas destacan por su aporte de nutrientes y compuestos bioactivos. Esta investigación, realizada en Cristóbal Colón, Montúfar, Carchi, evaluó el efecto del biol y las algas marinas, aplicados al suelo y follaje, sobre la producción de papa variedad Superchola. Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con siete tratamientos: T1: Biol (suelo) en las etapas de siembra, retape y deshierba; T2: Biol (follaje) a los 80, 100 y 120 días después de la siembra; T3: Algas marinas (suelo) en las etapas de siembra, retape y deshierba; T4: Algas marinas (follaje) a los 80, 100 y 120 días después de la siembra; T5: Biol al suelo y follaje; T6: Algas marinas al suelo y follaje; y T7: Testigo sin biol ni algas marinas, analizando variables como porcentaje de emergencia, altura de planta, número de tallos, peso de follaje, peso de raíces + tubérculos, número y peso de tubérculos, y rendimiento total. El análisis estadístico (ANOVA) mostró diferencias significativas únicamente en el rendimiento, destacando el T4 con un 59,87% de aumento. El análisis económico evidenció que T4 alcanzó la mayor rentabilidad (110,03%), con un beneficio neto de 7678,37 USD y un rendimiento comercial de 32,98 t ha<sup>-1</sup>. En conclusión, la aplicación foliar de algas marinas mejora significativamente el rendimiento de la papa en las condiciones agroclimáticas de la zona, optimizando la productividad y reduciendo costos en fertilización sintética, aunque no se observaron diferencias significativas en otras variables de crecimiento.

**Palabras claves:** Biofertilizantes, rendimiento, optimización

## ABSTRACT

Biofertilizers are biological amendments that improve soil fertility and stimulate plant growth, reducing dependence on synthetic fertilizers. Among them, biol and seaweed stand out for their contribution of nutrients and bioactive compounds. This research, carried out in Cristóbal Colón, Montúfar, Carchi, evaluated the effect of biol and seaweed, applied to the soil and foliage, on the production of Superchola variety potatoes. A Completely Randomized Block Design (CRBD) was used with seven treatments: T1: Biol (soil) at the sowing, mulching and weeding stages; T2: Biol (foliage) at 80, 100 and 120 days after sowing; T3: Seaweed (soil) at the sowing, mulching and weeding stages; T4: Seaweed (foliage) at 80, 100 and 120 days after sowing; T5: Biol to the soil and foliage; T6: Seaweed to the soil and foliage; and T7: Control without biol or seaweed, analyzing variables such as percentage of emergence, plant height, number of stems, weight of foliage, weight of roots + tubers, number and weight of tubers, and total yield. The statistical analysis (ANOVA) showed significant differences only in yield, highlighting T4 with a 59.87% increase. The economic analysis showed that T4 achieved the highest profitability (110,03%), with a net profit of 7678,37 USD and a commercial yield of 32,98 t ha<sup>-1</sup>. In conclusion, foliar application of seaweed significantly improves potato yield under the agroclimatic conditions of the area, optimizing productivity and reducing synthetic fertilization costs, although no significant differences were observed in other growth variables.

**Key Word:** Biofertilizers, yield, optimization

- **CAPITULO I**
- **INTRODUCCIÓN**

La papa, es conocida científicamente como *Solanum tuberosum*, y es el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo, después del trigo, el arroz y el maíz; dicho tubérculo se adapta a diversas altitudes, desde el nivel del mar hasta los 4 100 metros de altura, y desempeña un papel esencial en la alimentación global (Montoya et al., 2020). Por ejemplo, en 2017, la producción mundial de papa alcanzó los 392 millones de toneladas, lo que representó un aumento del 1,8 % respecto al año anterior. Entre los principales productores se encuentran países como China, Rusia, India, Ucrania, Estados Unidos y Alemania, que juntos generan gran parte de la producción global. (Guallpa, 2023).

En Ecuador, la papa tiene un lugar fundamental en la economía agrícola y en la seguridad alimentaria del país. Las provincias de Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Carchi destacan como las principales zonas productoras. Aquí, variedades como la Superchola, Puca Shungo y Libertad son cultivadas tanto para el consumo interno como para mercados regionales, sin embargo, el uso excesivo de agroquímicos ha comenzado a pasar factura en estas áreas. Los suelos se han visto empobrecidos, las plagas han desarrollado resistencia y han surgido preocupaciones tanto ambientales como de salud humana (Cando & Malca, 2017). En este contexto, se vuelve necesario buscar alternativas sostenibles que no solo restauren la fertilidad del suelo, sino que también optimicen la calidad y el rendimiento de los cultivos. El biol se presenta como una de estas soluciones, dicho biofertilizante líquido, es obtenido mediante la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos, los cuales no solo aporta nutrientes esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), sino que también incrementa la disponibilidad de micronutrientes clave como calcio (Ca), magnesio (Mg) y zinc (Zn), favoreciendo una nutrición equilibrada de la planta. Además, el biol mejora la actividad microbiana del suelo al estimular la proliferación de bacterias fijadoras de nitrógeno y microorganismos benéficos, lo que a su vez incrementa la disponibilidad de nutrientes y la estructura del suelo, reduciendo su compactación y mejorando la retención de humedad (Velasguí, 2013).

Otra herramienta clave en la transformación hacia una agricultura más sostenible es el uso de extractos de algas marinas, biofertilizantes naturales ricos en compuestos bioactivos. Especies como *Ascophyllum nodosum* y *Sargassum* contienen polisacáridos,

aminoácidos, vitaminas, minerales y, especialmente, fitohormonas como auxinas, citoquininas, giberelinas y ácido abscísico, que regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas, favoreciendo la elongación celular, la división celular y la formación de raíces adventicias, estos extractos han demostrado ser altamente efectivos en el incremento de la fotosíntesis y la actividad enzimática, mejorando la síntesis de clorofila y aumentando la tolerancia de las plantas a condiciones de estrés abiótico como sequías, heladas y salinidad (Roca, 2015).

En Ecuador, los extractos de algas marinas han ganado una gran popularidad entre los agricultores debido a su capacidad para mejorar los rendimientos hasta en un 20 a 30% en cultivos como la papa, reduciendo la necesidad de usar fertilizantes químicos y de esa manera mejorar la calidad del producto cosechado. Su uso ha sido asociado con incrementos en el peso y tamaño del tubérculo, así como con una mayor resistencia a plagas y enfermedades, gracias a la inducción de respuestas de defensa sistémica en la planta (Montoya et al., 2020).

El principal objetivo del uso de biofertilizantes en la producción de papa es mejorar la eficacia nutricional del cultivo sin comprometer el equilibrio ecológico del entorno. En el caso del biol, su aplicación permite activar microorganismos del suelo como *Azotobacter* y *Pseudomonas*, que aumentan la disponibilidad de nitrógeno y fósforo para la planta, mejorando el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes. Durante las fases críticas del cultivo, como es la tuberización y el llenado del tubérculo, la aplicación de biol ha demostrado incrementar la tasa de fotosíntesis y mejorar la translocación de carbohidratos hacia los tubérculos, lo que se traduce en un aumento del rendimiento final (Centro Internacional de la Papa [CIP], 2019).

Por otro lado, los extractos de algas marinas proceden no solo como fertilizantes, sino también como bioestimulantes. Su alto contenido de ácido algínico y manitol mejora la retención de agua en el suelo, reduciendo los efectos del estrés hídrico. Además, la presencia de citoquininas estimula la formación de cloroplastos y retrasa la senescencia foliar, permitiendo que la planta mantenga una actividad fotosintética eficiente durante un período más prolongado. Las auxinas y giberelinas presentes en las algas marinas favorecen la elongación celular y la expansión de las raíces, incrementando la absorción de agua y nutrientes, mientras que el ácido abscísico regula la respuesta de la planta ante condiciones adversas, aumentando su resistencia a la sequía y el frío (Cavalcante & Oliveira, 2020).

El uso combinado de biol y extractos de algas marinas representa una estrategia integral para incrementar la sostenibilidad en la producción de papa, permitiendo reducir los costos en insumos químicos y mejorar la fertilidad del suelo a largo plazo. En un sistema agrícola donde el uso excesivo de fertilizantes minerales ha causado problemas de salinización y degradación del suelo, la implementación de estos biofertilizantes permite restaurar la microbiota edáfica y garantizar una producción más resiliente y eficiente a lo largo del tiempo (Caicer, 2023).

La aplicación de biofertilizantes puede realizarse de diversas maneras, dependiendo de las características del cultivo y del producto en cuestión (Ibarra, 2010). En este estudio, se evaluaron dos métodos principales: aplicación al suelo y aplicación foliar. En la aplicación al suelo, los biofertilizantes se incorporaron en tres etapas. La primera fue en la siembra, donde se aplicó el biol y algas marinas una vez que se colocó la semilla en el suelo. La segunda etapa fue durante el retape, momento en el cual se volvió a emplear los biofertilizantes y se realizó la alzada de tierra. Finalmente, en la etapa de deshierba, se eliminaron las malezas alrededor de las plantas de papa y se hizo una última aplicación de ambos productos. Este método es especialmente efectivo para mejorar la estructura del suelo y su microbiología, aumentando la actividad microbiana que facilita la mineralización de nutrientes.

Por su parte, la aplicación foliar consiste en atomizar los biofertilizantes directamente sobre las hojas de la planta, permitiendo una absorción rápida y eficiente de nutrientes esenciales y compuestos bioactivos. Este método se llevó a cabo en tres momentos clave: a los 80, 100 y 120 días después de la siembra, con el objetivo de mejorar la resistencia de la planta ante el estrés y optimizar su crecimiento en etapas críticas como la floración y la formación del tubérculo. Durante el ensayo, se realizaron comparaciones entre estos dos métodos para determinar cuál es el más efectivo en términos de rendimiento y calidad del tubérculo.

- **CAPITULO II**
- **OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General:**

Evaluar el efecto de los biofertilizantes biol y algas marinas aplicados al suelo y follaje en la producción de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola.

#### **2.1.1 Objetivos Específicos:**

- Comparar el rendimiento de la papa variedad Superchola entre los tratamientos de biofertilizantes aplicado al suelo, follaje y un testigo.
- Determinar el beneficio/costo del uso de dos tipos de biofertilizantes aplicado al suelo y follaje.

#### **2.1.2 Hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Las dos clases de biofertilizantes no tienen influencia significativa en el rendimiento del cultivo de papa en la parroquia Cristóbal Colón, cantón Montúfar, provincia del Carchi.

**H<sub>a</sub>:** Las dos clases de biofertilizantes tienen una influencia significativa en el rendimiento del cultivo de papa en la parroquia Cristóbal Colón, cantón Montúfar, provincia del Carchi.

- **CAPÍTULO III**
- **ESTADO DEL ARTE**

### 3.1 Biofertilizantes

Los biofertilizantes representan una alternativa sostenible a los fertilizantes químicos convencionales, contribuyendo al equilibrio del ecosistema agrícola. Son productos que contienen microorganismos vivos o derivados de materia orgánica capaces de fijar nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo, mejorando su fertilidad y favoreciendo el desarrollo de las plantas; estudios han demostrado que su aplicación puede incrementar la biomasa microbiana del suelo en un 50% y mejorar la disponibilidad de nutrientes esenciales, promoviendo el crecimiento vegetal de manera más eficiente que los fertilizantes sintéticos (Barajas, 2017). Además, los biofertilizantes mejoran la estructura del suelo al incrementar la agregación de partículas, lo que permite mayor aireación y retención de agua. Se ha reportado que su uso puede aumentar hasta en un 30% la capacidad de retención de agua en suelos arenosos, reduciendo la necesidad de riego en cultivos agrícolas (Rojas & Maza, 2021).

Los biofertilizantes se elaboran bajo condiciones controladas para garantizar así su calidad, estas incluyen el uso de materiales orgánicos como estiércol, residuos vegetales y microorganismos específicos como *Azospirillum*, *Rhizobium* y *Trichoderma*, los cuales estimulan el desarrollo radicular y mejoran la absorción de nutrientes. Los procesos de fermentación son clave en su elaboración, requiriendo niveles de humedad entre 40% y 60%, temperaturas promedio de 25 a 30°C, y un pH ajustado entre 6 y 8 para favorecer la actividad microbiana (Beltrán & Bernal, 2022).

En la tabla 1, se presenta un cuadro comparativo de los tipos de biofertilizantes.

**Tabla 1**  
*Comparación de tipos de biofertilizantes según su composición y beneficios*

<b>Tipo</b>	<b>Composición (% en peso seco)</b>	<b>Microorganismos Principales</b>	<b>Beneficios</b>
Biol a base de estiércol de vaca	N: 2,5%, P: 1,8%, K: 2,0%, MO: 35%	<i>Azotobacter</i> , <i>Bacillus</i>	Mejora la fertilidad del suelo, fija N
Biol sin estiércol (residuos)	N: 1,8%, P: 1,5%, K: 1,7%, MO: 30%	<i>Rhizobium</i> , <i>Trichoderma</i>	Promueve desarrollo radicular

Biol con algas marinas	N: 2,0%, P: 1,6%, K: 2,5%, MO: 38%	<i>Azospirillum</i> , <i>Pseudomonas</i>	Estimula el crecimiento vegetal
Biol con residuos de leguminosas	N: 3,0%, P: 2,0%, K: 2,2%, MO: 40%	<i>Bradyrhizobium</i> , <i>Bacillus</i>	Incrementa biomasa microbiana
Biol enriquecido con minerales	N: 2,8%, P: 2,2%, K: 2,3%, MO: 37%	<i>Pseudomonas</i> , <i>Actinobacteria</i>	Aumenta la absorción de nutrientes

*Nota.* Adaptado de (Beltrán & Bernal, 2022). Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los agroecosistemas.

### 3.2 Biol

Cuando se menciona a un biol, se trata de describir una variedad de fertilizantes orgánicos líquidos que se producen mediante la descomposición de materiales orgánicos, como es el excremento de animales, que en este caso son las heces de vacas y pollos, así como también la orina de cuyes o conejos, también es posible utilizar elementos como hojas de plantas verdes y frutos, entre otros, estos bioles son considerablemente útiles, ya que durante su producción, se liberan compuestos bioactivos como aminoácidos, ácidos orgánicos, fitohormonas y enzimas que favorecen el desarrollo vegetal (Méndez et al., 2017).

Estos son compuestos químicos que se encuentran formados gracias a la combinación de átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno, entre sus componentes destacan los carbohidratos, lípidos y proteínas, esenciales para la actividad metabólica de las plantas; de hecho, “los bioles orgánicos son esenciales para la vida, ya que la mayoría de los organismos vivos los utilizan en sus células como fuente de energía, para su almacenamiento y para preservar tanto la estructura como la comunicación celular” (Chicaiza, 2012, pág. 14).

El biol también es rico en microorganismos benéficos como *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens*, los cuales inhiben patógenos del suelo y mejoran la disponibilidad de fósforo (Pérez, 2022).

#### 3.2.1 Beneficios del biol

El biol es un producto biológicamente estable, con alta actividad microbiana y baja carga de patógenos. Su aplicación mejora la estructura del suelo, activa la microflora benéfica y reduce la incidencia de enfermedades fúngicas en los cultivos (Veliz, 2023).

Es por eso que el uso de este biofertilizante ayuda a que la producción de alimentos sea más orgánica y ofrece una serie de beneficios apreciables, en primer lugar, se puede recalcar que el producto a cosechar suele tener un sabor más intenso y delicioso al gusto de las personas, ya que no se está utilizando muchos productos que se usan para enriquecer a las plantas, los cuales hace que el sabor de los alimentos sea más insípido (Cabello et al, 2020).

Estudios han demostrado que el biol favorece la producción agrícola al aumentar la resistencia de las plantas al estrés biótico y abiótico, por ejemplo:

- En cultivos de hortalizas, el uso de biol incrementa el rendimiento hasta en un 25%, debido a la mejora en la eficiencia fotosintética y absorción de nutrientes.
- En cultivos de cereales, su aplicación foliar ha mostrado aumentar la síntesis de clorofila en un 15%, favoreciendo el crecimiento y llenado de grano.
- En suelos con deficiencia de fósforo, el biol libera compuestos que lo solubilizan, mejorando su disponibilidad para las plantas.

El biol también tiene un impacto positivo en la calidad nutricional de los alimentos, ya que al reducir la dependencia de fertilizantes químicos y pesticidas, los cultivos tratados con biol presentan concentraciones más altas de antioxidantes y flavonoides, compuestos que protegen a la planta contra el estrés oxidativo y mejoran el valor nutricional de los alimentos (Rojas & Maza, 2021).

Finalmente, el uso de biol como biofertilizante permite minimizar la contaminación ambiental, promover la agricultura sostenible y reducir los costos de producción agrícola. Su implementación en sistemas de producción orgánica garantiza alimentos más saludables y con mayor valor comercial, contribuyendo a la seguridad alimentaria y conservación del medio ambiente (Figuerola & Garrido, 2018).

### **3.2.2 Composición química**

Se componen principalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, estos elementos químicos constituyen moléculas orgánicas como los ácidos grasos, lípidos, carbohidratos, proteínas, ácidos nucleicos, dichas moléculas son las unidades principales de los bioles orgánicos, algunos compuestos inorgánicos también forman parte de los

éstos, como los minerales, iones, agua y oxígeno (Vásquez, 2022). Su composición química varía según los materiales utilizados, por lo general contiene:

- Nitrógeno (N): 0,5 a 2%
- Fósforo ( $P_2O_5$ ): 0,2 a 1%
- Potasio ( $K_2O$ ): 0,5 a 1,5%
- Oligoelementos como el hierro, zinc, manganeso y cobre en concentraciones menores.
- Materia orgánica soluble, hasta 30% en peso.

### **3.2.3 Elaboración del biol**

La producción de biol requiere un biodigestor o tanque cerrado para evitar la entrada de oxígeno. Según Díaz (2017) indica que los materiales para realizar el biol son:

Estiércol fresco de vaca de 10 a 15 kg, el cual es una gran fuente de microorganismos y materia orgánica.

El agua 50 litros el cual va actuar como medio de fermentación.

Residuos vegetales que puede ser de 5 a 10 kg aproximadamente, un ejemplo las hojas de marco las cuales van actuar como un aporte de carbono.

Melaza o panela que va desde los 2 hasta los 3 litros, máximo, esto servirá como fuente de energía para los microorganismos.

La ceniza con unos 2 kg es suficiente, se la agrega con el fin de obtener una fuente de potasio y minerales.

El proceso de fermentación anaeróbica dura entre 30 y 45 días a temperaturas entre 25°C y 35°C. Durante este tiempo, los microorganismos descomponen la materia orgánica liberando nutrientes disponibles para las plantas.

### **3.2.4 Dosis**

Para Chamorro (2017) menciona que el biol puede ser aplicado de dos maneras, foliar o al suelo:

Para la aplicación foliar, se debe realizar una dilución 1:10 en agua, rociando 300 a 500 cc por planta en fases de crecimiento y floración.

Por otro lado, para la aplicación al suelo con una dosis de 20 a 30 litros por hectárea, preferiblemente después del riego o lluvia para facilitar su incorporación.

### **3.2.5 Acción del biol en la planta y el suelo**

Como se ha mencionado, el biol es un biofertilizante que mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo y estimula la actividad microbiana. Según Pilcorema et al. (2021), su aplicación favorece diversos procesos fisiológicos en las plantas, entre ellos:

El biol mejora la captación de nitrógeno y potasio por las raíces debido a la presencia de compuestos orgánicos que tienen bajo peso molecular, como ácidos húmicos y fúlvicos, que quelan los nutrientes y los hacen más asimilables para la planta; además, estos compuestos aumentan la permeabilidad de la membrana radicular, facilitando el transporte iónico y la eficiencia en la absorción.

Promueve la formación de raíces secundarias gracias a la presencia de fitohormonas como auxinas y giberelinas, que inducen la proliferación celular y la elongación de los tejidos radiculares. Un sistema radicular más desarrollado permite una mayor exploración del suelo y, por ende, una mayor absorción de agua y nutrientes.

Aporta oligoelementos esenciales como magnesio y zinc, los cuales desempeñan un papel clave en la activación enzimática y en procesos fisiológicos fundamentales, por ejemplo, el magnesio es el componente central de la clorofila y es esencial para la fotosíntesis, mientras que el zinc participa en la síntesis de auxinas y en la estabilidad de las membranas celulares, promoviendo un óptimo desarrollo foliar.

En el cultivo de papa, investigaciones realizadas en la provincia del Carchi han demostrado que la aplicación de biol incrementa el rendimiento entre un 15 y 20%, favoreciendo la producción de tubérculos de mayor tamaño y peso en comparación con el uso exclusivo de fertilizantes químicos, dicho efecto se debe a la relación entre la mejora en la absorción de nutrientes, el fortalecimiento del sistema radicular y el incremento en la actividad fotosintética, lo que se traduce en un mayor desarrollo y productividad del cultivo (Barajas, 2017).

### **3.2.6 Formas de aplicación de un biol**

Se emplean en la agricultura con el propósito de perfeccionar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, su aplicación busca desarrollar la capacidad del suelo para retener agua, aire, nutrientes, así como mejorar su estructura y promover la actividad microbiana, esto se debe a que el biol es un mejorador de la disponibilidad de nutrientes del suelo, consiguiendo que su medio hídrico crezca, y a su vez crea un microclima que es apropiado para las plantas. Se agrega al suelo de diversas maneras, incluyendo la roturación, preparación del terreno, aplicación directa como abono, riego y

control de malezas, con estas prácticas se contribuye para mejorar la calidad del suelo, su capacidad para sostener cultivos y movimiento de microorganismos beneficiosos, además de crecer la disponibilidad de nutrientes (González, 2013).

Se puede aplicar de diversas maneras, incluyendo su incorporación en la preparación del terreno, aplicación directa al suelo, fertirrigación y pulverización foliar. Su uso mejora la calidad del suelo, optimiza su capacidad para sostener cultivos y favorece la proliferación de microorganismos benéficos.

Siguiendo con la investigación de González (2013) menciona que, una forma eficiente de aplicación es la pulverización foliar, realizándose entre 3 y 5 veces durante el desarrollo del cultivo. La concentración recomendada es de 1 litro de biol por cada 20 litros de agua, lo que equivale a una dilución del 5%. Para aplicaciones a mayor escala, la proporción debe mantenerse constante, es decir, 50 litros de biol por cada 1000 litros de agua. Es recomendable aplicar el biol en las horas más frescas del día, preferiblemente antes de las 10:00 a.m. o después de las 16:00 p.m., para evitar daños en el follaje debido a la exposición directa al sol y mejorar su absorción por la planta.

En el cultivo de papa, el biol puede aplicarse tanto al suelo como de manera foliar, asimismo, su aplicación foliar en etapas clave del desarrollo vegetativo y tuberización favorece la absorción de nutrientes esenciales, incrementa la resistencia a enfermedades y mejora la calidad del rendimiento. La dosis recomendada sigue la proporción general recomendada del 5%, ajustándose según la demanda nutricional del cultivo y las condiciones del suelo.

### **3.3 Algas marinas**

#### **3.3.1 Que son y para que sirven**

Son organismos acuáticos fotosintéticos que se encuentran en ecosistemas marinos y costeros, desde aguas superficiales hasta profundidades considerables, se clasifican en macroalgas (visibles a simple vista, como las algas pardas, rojas y verdes) y microalgas (microscópicas, como la *Spirulina* y *Chlorella*). Se obtienen principalmente mediante recolección en hábitats naturales o cultivo en sistemas bajo condiciones controladas, como estanques y fotobiorreactores (Roca, 2015).

Estas algas son una fuente rica en compuestos bioactivos como polisacáridos (alginatos, carragenanos, agar), proteínas, vitaminas y minerales, su utilización en la agricultura abarca desde donde se emplean como biofertilizantes y bioestimulantes para mejorar el crecimiento y resistencia de los cultivos, así como la industria alimentaria,

cosmética y farmacéutica. En el ámbito agrícola, su aplicación en suelos y follaje favorece la absorción de nutrientes, estimula el desarrollo radicular y mejora la tolerancia de las plantas a condiciones de estrés abiótico (Medjdoub, 2020).

### **3.3.2 Tipos de algas marinas usados en la agricultura**

Según Moreno (2017), señala que se han identificado más de 30000 especies de algas marinas, las cuales se dividen en dos categorías principales. La primera incluye las microalgas, como las algas verdeazuladas, los dinoflagelados y las bacilariofitas (diatomeas). La segunda comprende las macroalgas (algas marinas), clasificadas en algas verdes, pardas y rojas.

Por otro lado, Salazar et al. (2022), destacan que las macroalgas pardas, especialmente especies como *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* y *Fucus vesiculosus*, que prosperan en aguas templadas, han sido ampliamente utilizadas en la agricultura. Esto se debe a su riqueza en compuestos como alginatos, manitol, betaínas, polifenoles, oligosacáridos (laminanos y fucanos), flavonoides, además de nutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, hierro, magnesio, zinc, sodio y azufre) y aminoácidos. Además, *A. nodosum* es particularmente abundante en las costas marinas, lo que facilita su aprovechamiento.

### **3.3.3 Extracto de algas marinas**

Se utilizan como biofertilizantes debido a su alto contenido de compuestos bioactivos naturales, tales como fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquininas), polisacáridos, aminoácidos, vitaminas y minerales esenciales, dichos compuestos favorecen la germinación de semillas, estimulan el desarrollo radicular y mejoran la absorción de nutrientes, lo que se traduce en un incremento del rendimiento de los cultivos, asimismo, actúan como bioestimulantes al mejorar la tolerancia de las plantas al estrés abiótico, como sequías, salinidad y bajas temperaturas; en la agricultura y horticultura, los extractos de algas marinas son usados como suplementos nutricionales y promotores del crecimiento vegetal, contribuyendo a una producción más sostenible y ecológica (Gutiérrez, 2016). En la actualidad, las comunidades costeras del mundo manipulan las algas para las enmiendas de la superficie, donde aquí va a depender de la composición de cada uno de los abonos a base de algas compostadas, de igual forma, de los patrones de mineralización bioquímica y del momento en que se vayan a necesitar los diferentes nutrientes en los cultivos. Una alternativa para realizar una agricultura

ecológica es el uso de dichas algas las cuales se encuentran disponibles en el mercado (Salazar et al., 2022).

Actualmente se encuentran comercializando una gran variedad de especies de algas que son pertenecientes a diferentes géneros *Fucus*, *Eklonia*, *Sargassum*, *Durvillaea*, *Porphyra*, *Macrocystis* y *Ascophyllum*; pero la que más ha sido estudiada y utilizada dentro de la industria por sus métodos de transformación, calidad de los productos finales y eficacia es *Durvillaea antártica*, debido a que se ha demostrado que la aplicación de dicha especie de algas a las semillas de diferentes plantas, estimula para que haya una germinación más temprana y hace que las plantas se vuelvan resistentes al estrés de varios factores durante su desarrollo; en determinadas circunstancias, también se ha usado la aplicación directa al suelo y la inmersión de las raíces en soluciones de diferentes extractos de algas (Noé, 2020).

El uso de extractos de algas marinas en la agricultura ha demostrado mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos, incluyendo la producción de tubérculos, debido a su alto contenido de compuestos esenciales para el crecimiento vegetal, asimismo, aportan macronutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, así como micronutrientes como hierro, zinc, manganeso, cobre, boro y molibdeno, fundamentales en los procesos metabólicos de las plantas, contienen al menos 27 sustancias bioactivas naturales que actúan como reguladores del crecimiento, entre ellas fitohormonas como auxinas, giberelinas, citoquininas y ácido abscísico, que favorecen el desarrollo radicular, la floración y resistencia al estrés. También poseen aminoácidos y proteínas que estimulan la síntesis enzimática, vitaminas como A, C, E y del complejo B que intervienen en la fotosíntesis, metabolismo celular, y polisacáridos como el manitol, que funcionan como agentes quelantes, facilitando la absorción de nutrientes (Caicer, 2023).

Asimismo, los extractos de algas contienen compuestos con acción biocida que ayudan a proteger contra plagas y enfermedades. Gracias a estos componentes, las plantas tratadas con extractos de algas marinas presentan una mayor tolerancia a condiciones adversas como sequía, salinidad y temperaturas extremas, lo que convierte a estos biofertilizantes en una alternativa eficiente y sostenible en la agricultura moderna (Medjdoub, 2020).

La práctica de biofertilización con varias especies de valor agronómico basadas en las algas marinas han mostrado un gran aumento en el rendimiento y calidad de los cultivos con su aplicación de manera directa o también de sus derivados; donde se ha

confirmado que dichas plantas han respondido satisfactoriamente a las aplicaciones de productos a base de algas marinas, cuentan con un mayor rendimiento, mejor asimilación de nutrientes, alto porcentaje de germinación de las semillas, un elevado contenido de clorofila y mayor tamaño de tallos y hojas (Espinosa et al., 2020).

El contenido de la clorofila está altamente relacionado con la buena nutrición de la planta, “los extractos de algas marinas que contienen citoquininas, betaína y coenzima aumentan significativamente las concentraciones de clorofila en las hojas de las plantas” (Moreno, 2017, pág. 15).

### **3.3.4 Beneficios de las algas marinas**

Son un recurso marino de gran importancia a nivel mundial, con múltiples aplicaciones, como el sustento de ganado, consumo humano, insumos para distintas industrias, fertilización agrícola y obtención de compuestos como agar, ácido algínico y carragenina, conocidos como ficocoloides. Asimismo, contribuyen al equilibrio ecológico de zonas litorales; a lo largo del tiempo, las comunidades agrícolas costeras han aprovechado las algas marinas como fuente de materia orgánica para enriquecer suelos y promover el crecimiento de frutales y hortalizas (Ubilla, 2017).

Según Pérez (2022), las algas microscópicas de color verde-azulado, conocidas como cianobacterias, son organismos fotosintéticos de rápido crecimiento debido a su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico y aprovechar eficientemente los nutrientes presentes en el agua y el suelo; su crecimiento acelerado se debe a su elevada tasa de división celular y a su capacidad para adaptarse a diversas condiciones ambientales, como variaciones en la luz, temperatura y disponibilidad de nutrientes.

En los humedales y pequeñas charcas, estas algas desempeñan un papel clave en la transformación de la materia orgánica, ya que contribuyen al ciclo del carbono y del nitrógeno a través de la fotosíntesis y la fijación de nitrógeno (Ramos, 2017). A medida que proliferan, producen exopolímeros y facilitan la descomposición de residuos orgánicos mediante la actividad de microorganismos asociados, enriqueciendo el suelo con compuestos húmicos y aumentando la cantidad de materia orgánica disponible (Arcos & Zúñiga, 2016).

Con el objetivo de facilitar la comprensión, en la tabla 2 se presenta un cuadro comparativo que detalla la composición química de las algas marinas.

**Tabla 2**  
*Composición y beneficios de las algas marinas*

<b>Tipo de Alga</b>	<b>Composición Principal</b>	<b>Beneficios Agrícolas</b>
Algas Pardas	Ácido algínico, fucoidanos, minerales	Mejoran la retención de agua en el suelo, estimulan el crecimiento radicular
Algas Rojas	Carragenina, agar, polisacáridos	Incrementan la resistencia de las plantas a enfermedades
Algas Verdes	Proteínas, clorofila, lípidos	Aumentan la fotosíntesis y el contenido de nitrógeno del suelo
Cianobacterias	Ficobiliproteínas, polisacáridos	Fijan nitrógeno atmosférico, mejorando la fertilidad del suelo

*Nota.* Adaptado de (Espinosa et al., 2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas.

### **3.3.5 Dosis y frecuencias de aplicación**

Para la aplicación foliar, se recomienda una concentración del 0,5% al 2% (5 a 20 cc por litro de agua), con aplicaciones cada 10 a 15 días durante el desarrollo vegetativo y reproductivo, con el fin de permitir una rápida absorción de nutrientes y estimulación de procesos fisiológicos como la fotosíntesis, crecimiento radicular y resistencia al estrés biótico y abiótico. Por otro lado, para la aplicación al suelo, la dosis varía entre 5 y 10 L/ha, dependiendo del tipo de suelo y la demanda nutricional del cultivo, es por eso que se recomienda incorporarlo junto con el riego cada 20 a 30 días, promoviendo la actividad microbiana del suelo, mejorando la retención de humedad y facilitando la absorción de nutrientes esenciales (Pacheco & Valle, 2018).

### **3.4 Importancia económica de la papa y su producción a nivel nacional**

La papa es un cultivo de gran relevancia para la economía ecuatoriana, especialmente en las zonas andinas, donde genera empleo, dinamiza la economía local y contribuye a la seguridad alimentaria del país. Según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería, la papa ocupa aproximadamente 30,000 hectáreas a nivel nacional, distribuidas principalmente en las provincias de la Sierra, donde las condiciones climáticas son óptimas para su cultivo. La producción anual se estima en alrededor de 300,000 toneladas, aunque esta cifra puede variar debido a factores como el clima, plagas

y enfermedades, y las prácticas agrícolas empleadas. El consumo per cápita de papa en el país es de aproximadamente 28 kg por persona al año, lo que refleja la importancia de la papa en la dieta ecuatoriana y su papel como alimento básico en muchas preparaciones culinarias (Ortega & Andrade, 2021).

Las principales provincias productoras de papa son Carchi, que concentra el 38% de la producción nacional, Imbabura con el 17%, Tungurahua con el 12% y Chimborazo y Cotopaxi, que representan el 22% en conjunto, asimismo, diversos factores influyen en la producción, como las variedades de papa adaptadas a las diferentes condiciones agroecológicas, las condiciones climáticas, los suelos andinos ricos en materia orgánica, las prácticas agrícolas y la comercialización a través de diversos canales. La producción de papa genera importantes beneficios económicos, como la creación de empleo directo e indirecto, ingresos para los productores y la dinamización de la economía local a través de actividades como la producción de insumos agrícolas, el transporte y la comercialización. A pesar de su importancia, el cultivo enfrenta desafíos como el cambio climático, nuevas plagas y enfermedades, y la baja rentabilidad para los productores, aunque existen iniciativas para mejorar la producción y comercialización, como la promoción de variedades mejoradas, la capacitación de los productores y el desarrollo de cadenas de valor más eficientes (Chirinos et al., 2020).

### **3.4.1 Requerimientos nutricionales**

Para un crecimiento óptimo, la papa necesita varios nutrientes esenciales: nitrógeno, que favorece el crecimiento vegetativo y la producción de hojas; fósforo, necesario para desarrollar raíces fuertes y en el proceso de tuberización; potasio, que incrementa la resistencia a enfermedades y mejora la calidad de las papas; calcio, que contribuye a la formación de los tubérculos y previene la pudrición; magnesio, requerido para la fotosíntesis y el crecimiento de hojas y tallos; azufre, vital en la síntesis de proteínas y aminoácidos; y hierro, crucial para la formación de clorofila y para prevenir la clorosis en las hojas (CIP, 2019).

### **3.4.2 Emergencia**

“Entre los 40 a 50 días después de la siembra (dds) se debe contabilizar el número de plantas emergidas en relación al número de plantas sembradas y su valor es expresado en porcentaje” (Araujo et al., 2021, pág. 38).

### **3.4.3 Altura de planta**

Es una planta herbácea de ciclo anual que puede alcanzar una altura de hasta 100 cm; durante su crecimiento, las hojas compuestas de la planta producen almidón, el cual se transporta hacia los extremos de sus tallos subterráneos, conocidos como estolones (CIP, 2019).

### **3.4.4 Tallos de la planta**

Cada planta originada de un tubérculo está formada por varios tallos, y cada uno de ellos desarrolla raíces, estolones y tubérculos, funcionando de manera similar a una planta independiente, es por esa razón que la verdadera densidad del cultivo de papa depende tanto de la cantidad de plantas como del número de tallos que cada una de ellas produce; a medida que aumenta la cantidad de tallos, también crece el número de tubérculos por planta, aunque estos tienden a ser más pequeños en promedio. Dicho equilibrio contribuye al rendimiento total del cultivo, hasta un límite óptimo (Murillo et al., 2016).

### **3.4.5 Peso de follaje, raíz y tubérculos**

Después de que emergen los tallos, el follaje comienza a crecer rápidamente. Las hojas, en su mayoría, son alternas y compuestas, aunque las basales pueden ser simples. Las hojas compuestas tienen una forma imparipinada, con cinco, siete o nueve folíolos que se clasifican en primarios o secundarios según su tamaño. También hay folíolos muy pequeños, conocidos como terciarios, que se encuentran dispuestos en pares a lo largo del pecíolo de la hoja (Ortega y Andrade, 2021).

Tiene raíces seminales que crecen hacia abajo desde la semilla para absorber nutrientes y reparar la planta. Las raíces rastreras y fibrosas, las cuales crecen a partir del tallo subterráneo. Las raíces fibrosas son laterales y crecen en las raíces rastreras y seminales y son poco profundas, normalmente no miden más de 60 cm; por otro lado, los tubérculos son engrosamientos subterráneos del tallo que almacenan agua y nutrientes para la planta (Montoya et al., 2020).

Una planta de papa tiene la capacidad de producir entre 5 y 20 tubérculos nuevos, aunque esta cantidad depende de factores como la variedad de papa y las prácticas agrícolas empleadas. Este cultivo se reproduce de manera vegetativa, lo que significa que basta con sembrar un tubérculo o incluso un trozo de papa que contenga alguno de sus característicos "ojos" (Seminario et al., 2018).

El tamaño y peso de los tubérculos dice mucho acerca de la calidad. Los tubérculos grandes y parejos son el resultado de buenas prácticas agrícolas, manejo adecuado de los fertilizantes y condiciones óptimas de cultivo. En cambio, cuando los tubérculos son pequeños, esto podría ser una señal de que la planta no recibió suficientes nutrientes o de que hubo dificultades en el manejo del cultivo (Salazar et al., 2022).

### 3.4.6 Rendimiento

En Ecuador, el rendimiento promedio de la producción de papa a nivel nacional es de 16,28 t ha<sup>-1</sup>, siendo la variedad Superchola la más cultivada, representando el 62 % del total. La mayor parte de la producción se localiza en las provincias de la Sierra, destacándose Carchi como la de mayor superficie cosechada, con aproximadamente 6145 ha y un rendimiento promedio de 2,68 t ha<sup>-1</sup> (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2019).

La fertilización mineral desempeña un papel fundamental en la mejora del rendimiento y calidad del cultivo de papa. La aplicación de nutrientes debe ajustarse a las necesidades del cultivo en términos de cantidad y momento adecuado de aplicación. En este sentido, la absorción de nitrógeno varía entre 100 y 290 kg ha<sup>-1</sup>, la de fósforo entre 20 y 65 kg ha<sup>-1</sup> y la de potasio entre 150 y 480 kg ha<sup>-1</sup>, dependiendo de rendimientos que oscilan entre 20 y 60 t ha<sup>-1</sup> (Inostroza et al., 2017).

### 3.4.7 Costos de producción

El cultivo de papa requiere una inversión significativa, principalmente en insumos y mano de obra. Los costos por hectárea de la variedad Superchola se detallan a continuación:

**Tabla 3**  
*Costos por hectárea para la producción de papa variedad Superchola*

Concepto	Costo (USD)
Preparación del terreno	\$300 - \$400
Semilla certificada	\$1,000 - \$1,500
Fertilización química	\$500 - \$800
Manejo fitosanitario	\$200 - \$400
Mano de obra	\$600 - \$800
Riego	\$200 - \$300

Cosecha	\$400 - \$500
Total	<b>\$3,200 - \$4,700</b>

*Nota.* Tomado de (INEC, 2024). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.

El rendimiento promedio de la Superchola en Ecuador es de 35 toneladas por hectárea, con un valor bruto de producción que varía entre \$7,000 y \$10,000 por hectárea, dependiendo de los precios de mercado. Esto es el reflejo de ganancia considerable para los agricultores, especialmente si implementan prácticas sostenibles como el uso de biofertilizantes (Arteaga et al., 2023).

### **3.4.8 Variedades de papas cultivadas en el Ecuador**

Existen más de 30 variedades de papa en el país, clasificadas según su uso en consumo fresco o aprovechados en el sector industrial, según Velasco (2013), las variedades más conocidas se encuentran:

La que lidera la lista es la variedad Superchola, debido a su calidad culinaria y rendimiento.

Seguidamente se encuentra chola que es una papa de menor tamaño, pero con características parecidas a la Superchola.

Asimismo, Gabriela, la cual es una variedad industrial destinada a la elaboración de snacks.

De igual forma, Fri papa que es catalogada como una papa de alta resistencia a enfermedades, preferida por la industria.

Finalmente están Victoria y Libertad, variedades que son altamente resistentes y adaptadas a condiciones climáticas adversas.

### **3.4.9 Variedad Superchola y su relevancia económica**

La variedad Superchola es una de las más cultivadas en Ecuador debido a sus características excepcionales, que la hacen ideal tanto para los productores como para los consumidores. En términos de calidad culinaria, es altamente valorada por su textura harinosa y su excelente sabor, lo que la convierte en la opción preferida para preparaciones como sopas, purés y frituras, que son populares dentro de la gastronomía ecuatoriana. Su rendimiento es sobresaliente, produciendo entre 30 y 35 toneladas por hectárea en condiciones óptimas, lo que la hace más productiva que otras variedades disponibles en el país, contribuyendo significativamente a la oferta nacional. Igualmente,

esta variedad es moderadamente resistente a enfermedades comunes en la papa, como el tizón tardío (*Phytophthora infestans*), lo que le permite mantenerse competitiva en la producción sin requerir un uso excesivo de fungicidas (Espin, 2024).

Desde el punto de vista económico, dicha variedad tiene un peso fundamental en la economía del sector agrícola en Ecuador, debido a que se estima que genera entre el 50% y el 60% de los ingresos totales de los productores de papa en el país, convirtiéndola en una de las variedades más rentables para los agricultores. Su alta demanda en el mercado interno, tanto en la industria alimentaria como en el consumo doméstico, asegura una fuente estable de ingresos para los productores, con precios que oscilan entre \$25 y \$35 por quintal, dependiendo de la temporada. Este precio relativamente estable es atractivo para los agricultores, quienes encuentran en la Superchola un cultivo que no solo tiene una alta demanda, sino que también permite una rentabilidad constante (Álvarez, 2022). Además de su importancia económica, la Superchola juega un papel crucial en la seguridad alimentaria del país, ya que contribuye de manera significativa a la oferta nacional de papa, uno de los principales alimentos básicos en la dieta ecuatoriana. La accesibilidad y la estabilidad de los precios aseguran que continúe siendo un pilar de la alimentación y la economía rural en las zonas productoras del país (Mora & Mendoza, 2023).

- **CAPÍTULO IV**
- **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### 4.1 Materiales

**Tabla 4**  
*Equipos e insumos*

<b>Categoría</b>	<b>Materiales y Equipos</b>
<b>Equipos de Informática y Oficina</b>	Computador, libreta de notas, papel, marcador, otros, software con programa Excel.
<b>Materiales de Campo</b>	Flexómetro, estacas, piola, palas, azadón, letreros de identificación, balanza, bomba de mochila, bomba estacionaria.
<b>Insumos</b>	Biol elaborado, producto comercial a base de <i>Durvillea antartica</i> , semilla de papa variedad Superchola, fertilizantes (18-46-0, 8-20-20, Sulpomag, Urea, Potasa).
<b>Equipos y Maquinaria</b>	Tractor agrícola con rastra, bombas de fumigar, balanza gramera, machete, GPSmap® 76Cx marca GARMIN para georreferenciación.

#### 4.2 Ubicación del área de estudio

**Figura 1**  
*Ubicación del ensayo experimental*



Nota: Adaptado de Google Maps. Todos los derechos reservados 2020 por Google. Adaptado con permiso del autor.

**Tabla 5**  
*Descripción del Área de Estudio*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
<i>Provincia</i>	Carchi
<i>Cantón</i>	Montufar
<i>Parroquia</i>	Cristóbal Colón
<i>Sector</i>	Cristóbal Colón
<i>Latitud norte</i>	00°36'47,9"
<i>Longitud oeste</i>	77°48'41,8" W
<i>Altitud</i>	2834 m.s.n.m.
<i>Temperatura promedio anual</i>	18 °C
<i>Humedad relativa</i>	75%
<i>Precipitación</i>	700 mm anuales
<i>Tipo de suelo</i>	Franco arenoso
<i>Viento</i>	Moderado

*Nota.* Tomado de la base de datos del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Montúfar 2015-2031. GAD, (2015).

### **4.3 Variables evaluadas**

#### **4.3.1 Variables independientes**

Biol (a base de estiércol bovino) y biol (producto comercial a base de algas marinas).

#### **4.3.2 Variables dependientes**

Porcentaje de emergencia (%)

Altura de planta (cm) a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra

Número de tallos a los 45 días (tallos planta<sup>-1</sup>)

Peso de raíz más tubérculos (kg)

Número y peso de tubérculos por planta (kg)

Rendimiento por hectárea (t ha<sup>-1</sup>).

### **4.4 Diseño experimental**

La investigación se implementó bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres repeticiones. Las variables de respuesta fueron analizadas mediante un análisis de varianza de clasificación simple, con lo cual se determinó su significancia estadística. La comparación de medias y su significancia estadística se realizó a través de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

#### **4.4.1 Factor en estudio**

FA: Tipos de biofertilizantes

A1: Biol a base de estiércol bovino (N: 0,5–2%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0,2–1%; K<sub>2</sub>O: 0,5–1,5%; oligoelementos y hasta 30% de materia orgánica soluble)

A2: Biol a base de algas marinas (N: 6%; P: 3%; K: 5%; Mg: 0,56%; Mn: 0,06%; Zn: 0,06%; B: 0,08%; aminoácidos: 1,15%)

#### 4.4.2 Tratamientos

La tabla 4 presenta la descripción de cada uno de los tratamientos, adaptada a partir de una investigación previa, en la cual se modificaron las dosis utilizadas por el autor original, ajustándolas al lugar de aplicación según las condiciones específicas del estudio.

**Tabla 6**  
*Descripción de los tratamientos*

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
<b>T1</b>	Biol al suelo (siembra, retape y deshierba)
<b>T2</b>	Biol al follaje a los 80, 100 y 120 días después de la siembra
<b>T3</b>	Algas marinas al suelo (siembra, retape y deshierba)
<b>T4</b>	Algas marinas al follaje los 80, 100 y 120 días después de la siembra
<b>T5</b>	Biol aplicado al suelo (siembra-retape-deshierba) y follaje (80, 100 y 120 días)
<b>T6</b>	Algas marinas aplicado al suelo (siembra-retape-deshierba) y follaje (80, 100 y 120 días)
<b>T7</b>	Testigo sin aplicación de biol a base de estiércol bovino y biol a base de algas marinas.

*Nota..* Adaptado de (Medjdoub, 2020). Efecto del Biol en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum Tuberosum*) variedad canchan en condiciones agroecológicas de Yanuna-Panao-2019.

#### 4.4.3 Esquema del ANOVA

Para el análisis estadístico se utilizó el procedimiento ANOVA para el análisis de varianza. Prueba de Tukey (0,05) para comparación de promedios.

**Tabla 7**  
*Fuentes de análisis de varianza (ANOVA) con grados libertad*

<i>FV</i>	<i>GL</i>
-----------	-----------

<i>Total</i>	20
<i>Tratamiento</i>	6
<i>Bloques</i>	2
<i>Error experimental</i>	12

#### 4.5 Análisis estadístico

La información obtenida en campo de la investigación es sistematizada para luego ser analizada estadísticamente mediante el programa XLSTAT versión 2022.4.5, para cada variable propuesta en la investigación.

Los datos obtenidos en campo se sometieron a pruebas de normalidad y homogeneidad para lo cual se utilizó las pruebas de Shapiro – Wilk y de Levene que una vez comprobado los valores obtenidos de cada variable se procedió con el análisis de varianza (ANOVA), se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

#### 4.6 Unidades experimentales

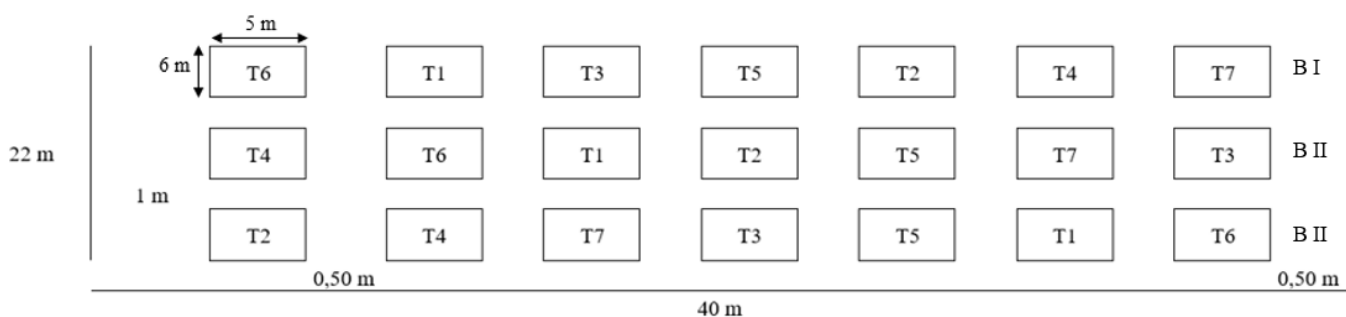
En la tabla 6, se muestra la conformación de cada unidad experimental.

**Tabla 8**

*Diseño de la unidad experimental de la investigación*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
Número de tratamientos	7
Número de bloques	3
Número de unidades experimentales	21
Superficie de parcela	30 m <sup>2</sup> (6 m x 5 m)
Número de surcos por parcela	5
Longitud de surco por parcela	5 m
Distancia entre plantas	0,60 m
Distancia entre surcos	1,20 m
Número de sitios de siembra por surco	8
Número de plantas por parcela experimental	40
Cantidad de semilla por sitio de siembra	2
Área total del ensayo	880 m <sup>2</sup> (40m x 22m)

**Figura 2**  
*Esquema de disposición del ensayo*



## 4.7 Manejo específico del experimento

### 4.7.1 Selección y toma de muestra de suelo

En el lote de terreno identificado para la implementación del experimento, aproximadamente 30 días antes de la siembra, se tomaron al azar 25 submuestras por hectárea, siguiendo un recorrido en zigzag. Las submuestras fueron homogenizadas y se envió 1 kg de muestra compuesta al laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para el análisis de macronutrientes, micronutrientes, textura, pH, materia orgánica y conductividad eléctrica (Anexo 4).

### 4.7.2 Análisis de biol

El biol a base de estiércol bovino, el cual se envió una muestra de 1000 cc al laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina para la determinación de macro nutrientes, micro nutrientes, pH y materia orgánica (Anexo 5).

### 4.7.3 Composición nutricional del biol a base de algas marinas

La composición química del bioestimulante Basfoliar Algae SL no fue determinada directamente en el laboratorio, ya que para productos comerciales registrados, como lo es este, la información sobre su contenido proviene de las fichas técnicas proporcionadas por el fabricante, las cuales son documentos oficiales que detallan la composición, concentraciones de principios activos, y recomendaciones de uso, respaldadas por análisis previos realizados por la empresa productora bajo normativas de control de calidad (Betancourth et al., 2023).

Por lo tanto, en este estudio, la información reportada en la ficha técnica de Basfoliar Algae SL fue tomada como referencia válida para describir su composición química (Tabla 9).

**Tabla 9**  
*Composición química del producto comercial*

<b>Nutrientes</b>	<b>Contenido</b>
Nitrógeno	6%
Fósforo	3%
Potasio	5%
Magnesio	0,56%
Manganeso	0,06%
Zinc	0,06%
Boro	0,08%
Aminoácidos	1,15

*Nota.* Tomado de (Espinosa et al., 2020). Agrizon – Basfoliar Algae.

#### **4.7.4 Determinación de niveles de fertilización**

Basándose en los resultados y análisis de suelo, se estableció el siguiente nivel de fertilización edáfica.

**Tabla 10**  
*Niveles de fertilización determinados para la investigación*

<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>S</b>	<b>Mg</b>
200	300	300	30	20

Para cubrir los niveles de fertilización se emplearon las siguientes fuentes de fertilización: 10 sacos de 50 kg de DAP (18-46-0); 7 sacos de 50 kg de Mix papa porque (10-20-30-1-1); 2 sacos de 50 kg de Sulfato de magnesio; 2 sacos de 50 kg de Sulpomag; 3,3 kg de 50 kg de Urea (46-0-0); 6,5 sacos de 50 kg de Potasa. Al momento de la siembra (0 días) se aplicó 10 sacos de 50 kg de DAP, al retape (15 días) se aplicó 7 sacos de 50 kg de mix papa porque y a la deshierba (35 días) se aplicó 2 sacos de sulfatos de magnesio, 3,3 sacos de Urea y 2,5 sacos de 50 kg de potasa.

#### **4.7.5 Preparación del terreno**

El lote de terreno conformado por pastizales naturales el cual fue seleccionado para la investigación se preparó para la siembra mediante dos pasadas de arado y una de rastra, con el objetivo de aflojar el suelo y crear una cama de siembra, adecuada (Veramendi, 2023).

#### 4.7.6 Siembra y desinfección del suelo

En cada surco, se depositaron dos semillas de papa (tamaño mediano, de forma ovalada, con cobertura rosada y lisa, con 3 brotes por semilla seleccionada), separadas por una distancia de 0,60 metros (Díaz, 2017). Posteriormente, se procedió a desinfectar el suelo con una mezcla de fungicida (Metalaxil + Mancozeb), insecticida (Thiamethoxam + Lambda cyhalothrin) y bactericida (Metiram + Pyraclostrobin). Finalmente, las semillas fueron cubiertas con una delgada capa de tierra (Ortega & Andrade, 2021).

#### 4.7.7 Manejo de plagas

Se aplicó la metodología del INIAP para el manejo de plagas. Para el gusano blanco (*Premnotrypes vorax*), se instalaron trampas antes y después de la siembra, seguido de control químico con Acefato (2 g/L) o Triflumuron (2,5 cc/L) a los 40, 60 y 90 días (Noé, 2020). En el caso de la polilla (*Phthorimaea operculella*), se tomaron medidas preventivas como la preparación del suelo, uso de semilla de calidad y eliminación de rastrojos y malezas. Tras el aporque, se aplicaron Acefato (2 g/L) o Triflumuron (2 cc/L) en la base de las plantas. Si persistían mariposas, se realizó una tercera aplicación 15 días después, seguida del huacho apretado (Arcos y Zúñiga, 2016).

#### 4.7.8 Control de enfermedades

En la tabla 11, se detalla el control de enfermedades, con sus diferentes productos (ingredientes activos), a la frecuencia de aplicación y sus respectivas consideraciones.

**Tabla 11**  
*Rotación y aplicación de ingredientes activos*

Etapa del cultivo	Enfermedad	Nombre científico	Tipo de fungicida	Ingrediente activo	Grupo FRAC	Frecuencia (días)	Consideraciones
Emergencia-Prefloración	Tizón tardío	<i>Phytophthora infestans</i>	Protectante	Mancozeb, Clorotalonil	M3, M5	7	Alternar semanalmente
Floración-Fructificación	Tizón tardío	<i>Phytophthora infestans</i>	Sistémico + Protectante	Metalaxil + Mancozeb, Cymoxanil + Propamocarb	4 + M3, 27 + 28	10 (5-7 si llueve)	Rotar entre mezclas sistémicas
Maduración	Tizón tardío	<i>Phytophthora infestans</i>	Protectante	Mancozeb, Propineb	M3	7	Alternar semanalmente
Emergencia-Maduración	Punta morada de la papa	<i>Candidatus Liberibacter solanacearum</i>	Insecticida (rotativo)	Imidacloprid, Abamectina	4A, 6	Según monitoreo	Aplicar al detectar huevos o ninfas
Pre-cosecha	—	—	—	—	—	—	Suspender 14 días antes de cosecha

*Nota.* Tomado de (Cloyd & Cowles, 2010). Manejo de resistencia: principios de resistencia, modo de acción y rotación de insecticidas.

## 4.8 Medición de variables

### 4.8.1 Evaluación del efecto de los biofertilizantes biol y algas marinas aplicados al suelo y follaje en la producción de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola.

Para el cumplimiento del primer objetivo de la presente investigación, se evaluaron las siguientes variables:

De acuerdo con la metodología propuesta por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2020), se determinó que la evaluación de 10 plantas constituye un tamaño muestral adecuado para la mayoría de las variables agronómicas, permitiendo obtener información representativa sobre las características fenotípicas y fisiológicas del cultivo.

- **Porcentaje de emergencia:** A los 40 días después de la siembra se contabilizó el número de plantas emergidas dentro de la parcela neta, expresando los valores en porcentaje, en relación al número de semillas sembradas en cada una de las unidades experimentales. Para calcular el porcentaje de plantas emergidas se utilizó una regla de tres simple (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019).
- **Altura de planta:** La altura de planta se midió con el flexómetro desde la base del tallo principal hasta el ápice terminal, en 10 plantas que fueron tomadas de manera al azar de cada parcela neta. Las lecturas se efectuaron cada 30 días después de la siembra hasta el momento de la floración (se tomaron datos a los 30, 60, 90 y 120 días). Se expresó en cm/planta (Cavalcante & Oliveira, 2020).
- **Numero de tallos:** El número de tallos se contabilizó a los 45 días después de haber realizado la siembra; para lo cual se tomaron 10 plantas al azar, en donde se contabilizo de forma manual cada uno de los estos, tanto principal como secundarios. Se expresó en tallos planta<sup>-1</sup> (González, 2013).

- **Peso del follaje:** A los 170 días después de la siembra se tomaron al azar 10 plantas de papa, de las cuales, con la ayuda de una navaja se cortó la planta separando el follaje de la raíz y sus tubérculos, asimismo con una balanza de precisión se determinó su peso. Se expresó en g/planta (Ibarra, 2010).
- **Peso de raíz + tubérculos:** Las mismas plantas utilizadas para medir el peso del follaje se emplearon también para determinar el peso de las raíces y los tubérculos. Los pesos fueron registrados utilizando una balanza de precisión, expresándose los resultados en gramos por planta (gr/planta) (Arcos & Zúñiga, 2016).
- **Número y peso de tubérculos por planta:** A los 170 días después de haber realizado la siembra, se seleccionó 10 plantas al azar por unidad experimental, de las cuales se contabilizó el número de tubérculos, se hizo la respectiva clasificación (primera, segunda y tercera), posterior a esto se pesó de forma individual y luego en conjunto para obtener el peso total, por último, se realizó un promedio del número y peso de tubérculos por planta (Cando & Malca, 2017).
- **Rendimiento por hectárea:** Se realizó la cosecha de los tres surcos centrales omitiendo el efecto borde, de cada tratamiento por repetición y se pesó, los tubérculos obtenidos se dividieron en tres categorías: 1) primera (60-90 g), 2) segunda (30 a 60 g) y 3) y fina o tercera (< 30 g o con daños o deformaciones). Se registró cada categoría y el resultado se expresó en toneladas por hectárea ( $t\ ha^{-1}$ ) (Gutiérrez, 2016).
- **Costo/beneficio:** El costo/beneficio de cada tratamiento se determinó en base a los costos de producción, gastos de cosecha, rendimiento y precio de venta de la papa (Noé, 2020).

#### **4.8.2 Comparación del rendimiento en producción de la papa variedad Superchola entre los tratamientos de biofertilizantes aplicados al suelo, follaje y un testigo.**

Para la resolución de este objetivo se comparó la variable rendimiento para cada una de los tratamientos aplicados.

#### **4.8.3 Determinación del costo/beneficio del uso de tipos de biofertilizantes aplicados al suelo y follaje.**

Para dar solución a este objetivo se realizó el cálculo de los costos usados dentro de la investigación.

- **CAPÍTULO V**
- **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### 5.1 Prueba de normalidad y homogeneidad de la varianza

Los datos se procesaron y se procedió a la realización de la prueba de Normalidad de *Shapiro-Wilk*, obteniendo valores de ( $p\text{-value} > 0,05$ ), de las variables dependientes; de acuerdo con los datos mostrados en la tabla 14. Así mismo se estableció homogeneidad de varianzas mediante el estadístico F de la prueba de Levene ( $p\text{-value} > 0,05$ ).

**Tabla 12**

*Resultados de la prueba de normalidad para las variables dependientes*

<i>Variables</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Shapiro_test</i>	<i>p-valor</i>	<i>Levene test</i>	
						<i>F (valor crítico)</i>	<i>p-valor (bilateral)</i>
% de Emergencia	21	77,976	12,909	0,97	0,76	0,54	0,77
Altura de planta (cm)Mes 1 (30 días)	21	46,371	3,702	0,96	0,45	0,91	0,52
Altura de planta (cm)Mes 2 (60 días)	21	71,814	2,988	0,96	0,59	0,25	0,95
Altura de planta (cm)Mes 3 (90 días)	21	72,095	2,840	0,98	0,92	0,75	0,62
Altura de planta (cm)Mes 4 (120 días)	21	107,814	5,770	0,96	0,58	0,51	0,79
Numero de tallos Mes 1 (45 días)	21	5,638	0,527	0,96	0,54	0,29	0,93
Peso de follaje (kg)	21	3,383	1,244	0,96	0,59	0,74	0,63
Peso de raíz + tubérculos (kg)	21	5,320	0,805	0,97	0,62	0,18	0,98
Numero de tubérculos/planta	21	62,792	7,978	0,92	0,08	0,22	0,96
Peso de tubérculos (kg)	21	5,021	0,779	0,96	0,60	0,15	0,99
Rendimiento en t ha <sup>-1</sup>	21	27,499	10,909	0,97	0,10	0,76	0,97
Rendimiento en t ha <sup>-1</sup> papa primera	21	13,854	6,798	0,92	0,79	0,25	0,78
Rendimiento en t ha <sup>-1</sup> papa segunda	21	10,650	0,779	9,80	0,50	0,65	0,62
Rendimiento en t ha <sup>-1</sup> papa tercera	21	2,995	1,178	0,96	0,61	0,58	0,93

**Nota.** *Shapiro-Wilk* test  $p\text{-value} > 0,05$ : los datos provienen de distribución normal;  $p\text{-value} < 0,05$ ; los datos no tienen una distribución normal; *Levene* test  $p\text{-value} > 0,05$ , homogeneidad de varianzas.

## 5.2 Análisis estadístico de las variables

### 5.2.1 Porcentaje de emergencia

**Tabla 13**

*Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia*

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr &gt; F</i>	<i>p-values signification codes</i>
<i>Total</i>	20	3332,74				
<i>Tratamiento</i>	6	503,57	83,93	0,44	0,84	NS
<i>Bloque</i>	2	564,88	282,44	1,50	0,26	NS
<i>Error</i>	12	2264,29	188,69			

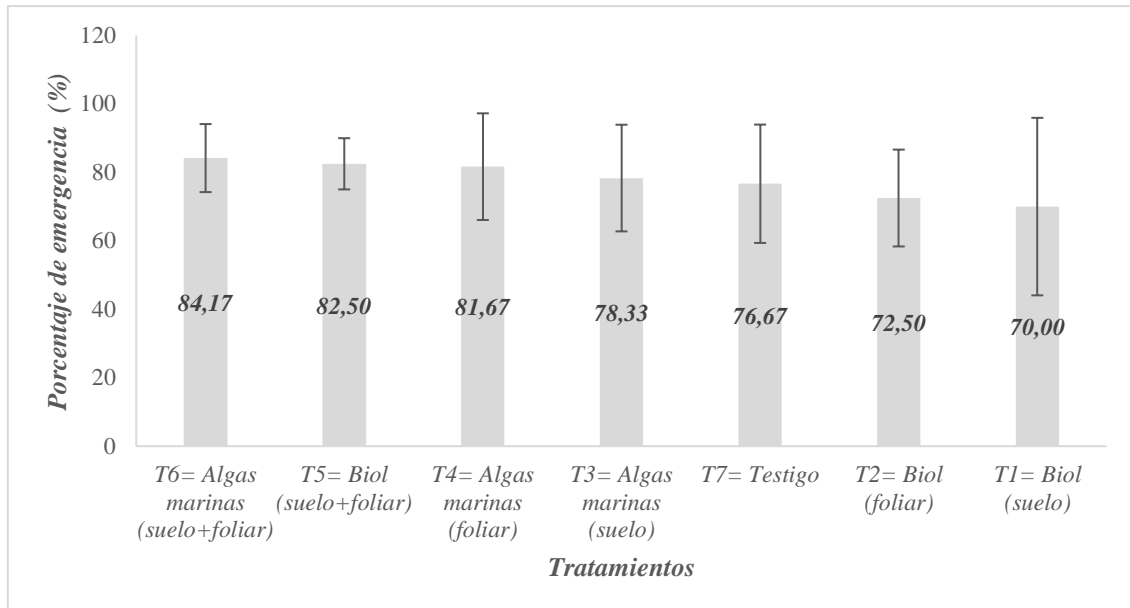
Promedio (%) 77,98

CV (%) 17,62

El análisis de varianza de la variable porcentaje de emergencia, del experimento de evaluación del efecto de los biofertilizantes biol y algas marinas aplicados al suelo y follaje en la producción de papa, muestra que no existe diferencias significativas para los tratamientos en estudio (biol a base estiércol bovino y biol a base de algas marinas aplicados al suelo y follaje), y no se presenta diferencias significativas para los bloques. El promedio de porcentaje de emergencia de esta variable es de 77,98. El coeficiente de variación para esta variable es de 17,62%, refleja la variabilidad natural en la emergencia de las plantas, influenciada por factores fisiológicos como la viabilidad de las semillas, la uniformidad en las condiciones de humedad, temperatura del suelo y oxigenación.

### Figura 3

Prueba de comparación de promedios para la variable porcentaje de emergencia (%)



En la figura 3 se presentan los promedios del porcentaje de emergencia para cada tratamiento. El tratamiento T6 de algas marinas (suelo + foliar) mostró el valor más alto con un 84,17%, seguido por T5 de biol (suelo + foliar) con 82,50% y T4 de algas marinas (foliar) con 81,67%. Aunque, las diferencias entre tratamientos no son estadísticamente significativas, ya que los intervalos de error se superponen. Esto indica que, desde un punto de vista estadístico, la aplicación de biol a base de algas marinas o biol a base de estiércol bovino, ya sea al suelo, foliar o combinado, no mejora significativamente el porcentaje de emergencia en comparación con el testigo que tiene un 76,67% de promedio. A pesar de ello, desde una perspectiva fisiológica, el tratamiento con algas marinas (suelo + foliar) tiene un efecto positivo debido a su aporte de macro y micronutrientes esenciales, así como a la presencia de reguladores de crecimiento como las auxinas y citoquininas, que promueven la división celular y el desarrollo temprano de las raíces (Medina & Ushco, 2022). Esto asegura un ambiente óptimo para la germinación y emergencia, como lo describen Solís et al. (2014), quienes destacaron que la aplicación mixta de biofertilizantes mejora la emergencia al mantener una disponibilidad constante

de nutrientes en las etapas iniciales de desarrollo. Por otro lado, aunque el biol aplicado de manera mixta (suelo + foliar) mostró un porcentaje de emergencia relativamente alto (82,50 %), los tratamientos en los que se aplicó biol de forma separada (72,50 % foliar y 70,00 % suelo) presentaron menores porcentajes, esto se debe a una distribución desigual de los nutrientes o a limitaciones en la absorción según el método de aplicación. Punina (2013) indicó que “la aplicación foliar puede ser menos efectiva si las condiciones ambientales, como la temperatura y humedad, no son adecuadas para la absorción de nutrientes por las hojas” (pág. 25). Asimismo, Sánchez y Ortega (2011) señalaron que “la efectividad de los biofertilizantes varía según el método de aplicación; la aplicación al suelo puede ser menos eficiente para estimular el crecimiento inicial, especialmente en cultivos sensibles como la papa” (pág. 3).

Estos resultados destacan la importancia de los biofertilizantes, en especial las algas marinas, las cuales modifican la microbiota del suelo y mejoran las propiedades fisicoquímicas. Los tratamientos combinados (T6 y T5) proporcionaron un mejor equilibrio de humedad y disponibilidad de nutrientes en la rizosfera, factores clave para una germinación uniforme y vigorosa; asimismo, las algas marinas contienen polisacáridos y compuestos osmoprotectores que reducen el estrés hídrico durante la emergencia (Espin, 2024).

### 5.2.2 Altura de planta (crecimiento de 30 a 120 días después de la siembra)

**Tabla 14**

*Análisis de varianza para la altura de planta de 30 a 120 días después de la siembra*

<i>Fuente</i>	<i>Altura 30 dds</i>			<i>Altura 60 dds</i>			<i>Altura 90 dds</i>			<i>Altura 120 dds</i>		
	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>		<i>CM</i>	<i>F</i>		<i>CM</i>	<i>F</i>	
<i>Total</i>	20											
<i>Tratamiento</i>	6	9,37	0,63 NS	5,10	0,44 NS		8,11	1,98 NS		15,13	0,34 NS	
<i>Bloque</i>	2	19,33	1,29 NS	3,84	0,33 NS		31,80	7,78 **		17,32	0,38 NS	
<i>Error</i>	12	14,93		11,69			4,09			45,03		

Promedio

(cm) 46,37 71,81 72,10 107,81

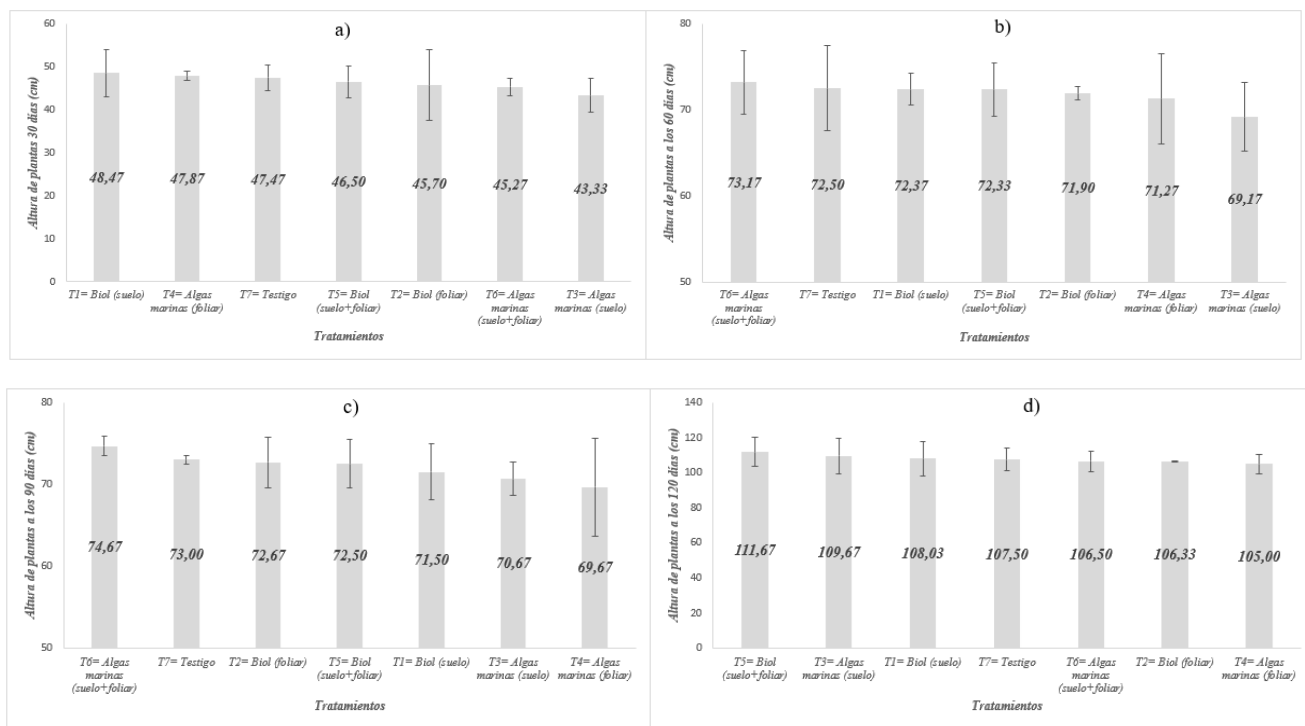
CV 8,33 4,76 2,80 6,22

**Nota.** dds: días después de la siembra

El análisis de varianza de la variable altura de planta de 30 a 120 días después de la siembra del experimento de evaluación del efecto de los biofertilizantes biol y algas marinas aplicados al suelo y follaje en la producción de papa, muestra que no existe diferencias significativas para los tratamientos en estudio (biol a base estiércol bovino y biol a base de algas marinas aplicados al suelo y follaje), y se presenta diferencias altamente significativas para los bloques a los 90 días. Los coeficientes de variación de esta variable muestran la baja dispersión de los datos observados en la investigación respecto de la media aritmética.

#### Figura 4

Prueba de comparación de promedios para la variable altura de planta a) a los 30, b) a los 60, c) a los 90 y d) 120 días (cm)



En la Figura 4 se presentan los promedios de la variable altura de planta. Se observa que desde los 30 hasta los 120 días, con excepción de los 90 días, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, lo que sugiere que los efectos de las aplicaciones de biol a base estiércol bovino y biol a base de algas marinas se mantuvieron relativamente uniformes en la mayor parte del ciclo del cultivo. Sin embargo, a los 90 días sí se evidenció una diferencia notable, lo que indica una respuesta diferenciada de los tratamientos en esta etapa específica del crecimiento..

A los 30 días, la aplicación de biol directamente al suelo favoreció un crecimiento inicial más robusto, lo que se explica por la disponibilidad inmediata de nutrientes en la rizosfera y la activación de procesos fisiológicos clave, como la síntesis de proteínas y metabolismo de carbohidratos (Murillo et al., 2016). Por su parte, las algas marinas, ricas en fitohormonas como auxinas y citoquininas, promovieron un crecimiento temprano sin

diferencias significativas con el testigo (Seminario et al., 2017). Factores como la estructura de la cutícula, humedad relativa y radiación solar afectaron la absorción de los tratamientos foliares, generando una variabilidad en los resultados (Flores et al., 2024).

A los 60 días, los tratamientos con algas marinas aplicadas de forma foliar y combinada promovieron un crecimiento significativo en altura, con valores superiores a los tratamientos con biol. Estos resultados se atribuyen a la acción bioestimulante de las algas marinas, que mejoran la fotosíntesis y absorción de nutrientes (Flores et al., 2024). En cambio, el biol mostró menor eficiencia en su absorción, particularmente en aplicaciones foliares, debido a su composición y la posible volatilización de algunos compuestos activos (Pineda et al., 2021). No obstante, el testigo alcanzó un promedio de 74%, evidenciando que el suelo utilizado contenía niveles suficientes de nutrientes para mantener un crecimiento adecuado sin la necesidad de fertilización externa (Arcos & Zúñiga, 2016).

A los 90 días, los tratamientos con algas marinas en combinación con aplicaciones foliares mantuvieron un crecimiento superior, alcanzando 74,67 cm en promedio. Este hallazgo confirma que los extractos de algas marinas mejoran la eficiencia fotosintética y la asimilación de nutrientes (Pineda et al., 2021). Sin embargo, los tratamientos con biol continuaron mostrando alturas inferiores, sugiriendo que su mecanismo de acción depende más de la disponibilidad de nutrientes en el suelo que de su absorción vía foliar (Arcos & Zúñiga, 2016). El testigo alcanzó 73 cm, lo que reafirma que el suelo experimental tenía una buena reserva de nutrientes para el crecimiento de las plantas (Flores et al., 2024).

A los 120 días, el tratamiento con biol aplicado al suelo y de manera foliar presentó el mayor crecimiento, con 111,67 cm en promedio. Estos resultados coinciden con las investigaciones de Seminario et al. (2018), quienes sostienen que la sinergia entre aplicaciones al suelo y foliares optimiza la absorción de nutrientes y estimula el crecimiento

vegetal. A pesar de que los tratamientos con algas marinas promovieron un crecimiento satisfactorio, su efecto en la altura fue inferior al del biol, posiblemente debido a diferencias en la movilización de nutrientes desde el suelo hacia la planta. Asimismo, Solís et al. (2014) señalan que el biol activa procesos fisiológicos como la división celular y la síntesis de proteínas, lo que puede explicar el crecimiento superior en las últimas fases del cultivo.

El estudio demuestra que la aplicación de biofertilizantes influye significativamente en el crecimiento de las plantas de papa. Desde una perspectiva fisiológica, los extractos de algas marinas promovieron un crecimiento temprano gracias a su contenido de fitohormonas, betaínas, compuestos que favorecen el aumento del contenido de clorofila; mientras que el biol aplicado al suelo y en combinación con aplicaciones foliares favoreció un crecimiento superior en etapas avanzadas gracias a su capacidad de suministrar nutrientes esenciales y estimular procesos metabólicos claves en el desarrollo.

### 5.2.3 Número de tallos a los 45 días después de la siembra (tallos planta<sup>-1</sup>)

**Tabla 15**

*Análisis de varianza para el número de tallos*

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr &gt; F</i>	<i>p-values significatio n codes</i>
<i>Total</i>	20	5,55				
<i>Tratamiento</i>	6	1,33	0,22	0,71	0,65	NS
<i>Bloque</i>	2	0,48	0,24	0,76	0,49	NS
<i>Error</i>	12	3,74	0,31			

Promedio 5,638

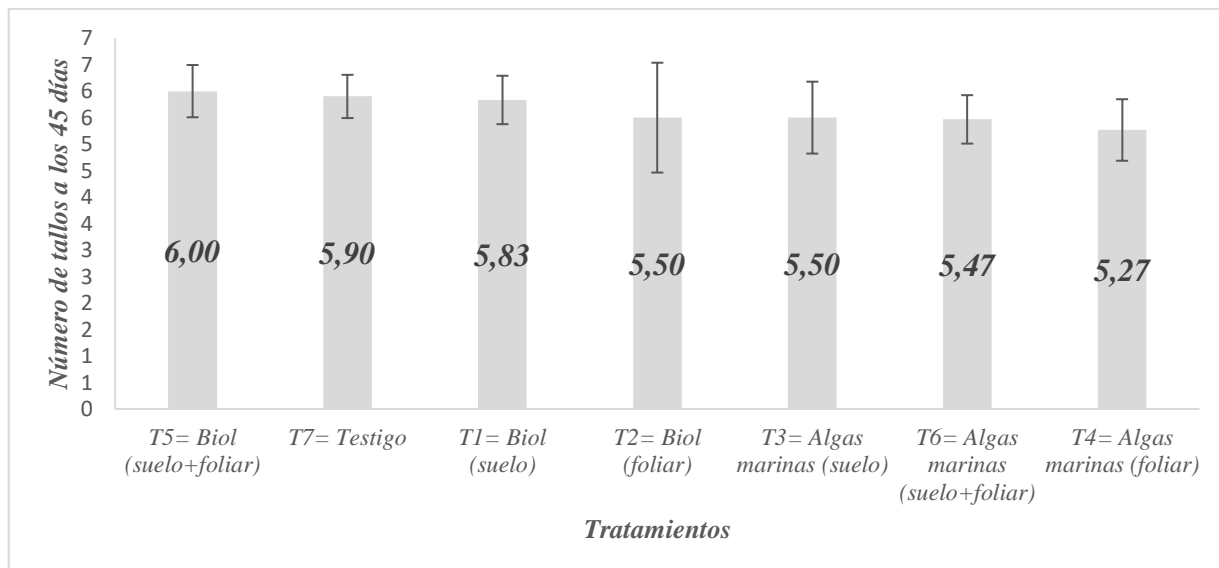
CV 9,91

**Nota.** dds: días después de la siembra

El análisis de varianza de la variable número de tallos a los 45 días, del experimento de evaluación del efecto de los biofertilizantes biol y algas marinas aplicados al suelo y follaje en la producción de papa, muestra que no existe diferencia significativa para los tratamientos en estudio (biol a base estiércol bovino y biol a base de algas marinas aplicados al suelo y follaje), y no se presenta diferencia significativa para los bloques. El promedio de número de tallos a los 45 días de esta variable es de 5,64. El coeficiente de variación para esta variable es de 9,91 %, lo que demuestra la poca dispersión de los datos respecto del valor promedio.

**Figura 5**

*Prueba de comparación de promedios para la variable número de tallos a los 45 días (tallos planta<sup>-1</sup>)*



En la figura 5 se presentan los promedios para la variable número de tallos a los 45 días. El tratamiento T5 de biol (suelo + foliar) obtuvo el valor más alto con un promedio de 6,00 tallos, seguido por el testigo (T7) con 5,90 tallos y el T1 de biol (suelo) con 5,83 tallos. A pesar de que las diferencias entre tratamientos no son estadísticamente significativas, indica que ninguno de los tratamientos logró un efecto claramente superior sobre el número de tallos respecto al testigo. Aunque las medias muestran una ligera variabilidad, estos resultados apuntan que la aplicación de biol a base estiércol bovino y biol a base de algas marinas en cualquiera de sus combinaciones no tuvo un impacto sustancial sobre la emisión de tallos. Según Torres et al. (2012), el biol a base de estiércol bovino puede estimular la actividad microbiana del suelo y la emisión de nuevas yemas axilares al mejorar la disponibilidad de nutrientes, pero en este caso, dichos efectos no fueron lo suficientemente marcados como para evidenciarse de forma significativa en comparación con el testigo. De igual forma, es importante destacar que, como señala Pérez (2022), cada tallo de papa funciona de manera similar a una planta independiente, desarrollando raíces, estolones y

tubérculos, por lo tanto, un mayor número de tallos por planta se traduce en una mayor capacidad de producción de tubérculos; por otro lado, el tamaño individual de los tubérculos puede disminuir ligeramente al aumentar el número de tallos, el incremento en la cantidad total de tubérculos puede compensar esta reducción, resultando en un mayor rendimiento. Aunque, los tratamientos con algas marinas, tanto en aplicación al suelo como foliar, mostraron un número de tallos ligeramente inferior en comparación con el tratamiento combinado de biol; Calderón (2012) ha demostrado que las algas marinas mejoran la disponibilidad de nutrientes y resistencia al estrés ambiental, los resultados indican que su efecto en la emisión de nuevos tallos puede ser menos pronunciado.

En conclusión, la papa es una planta con la capacidad de producir múltiples tallos a partir de una misma semilla (tubérculo). La cantidad de tallos va a depender de la disponibilidad de nutrientes y hormonas de crecimiento; el biol aplicado al suelo y follaje (T5) promovió un mayor desarrollo de yemas latentes, lo que resultó en más tallos por planta; en comparación con las algas marinas que tiene una mayor concentración de reguladores de crecimiento que favorecen la elongación de tallos en lugar de la formación de nuevos brotes.

#### 5.2.4 Peso del follaje en kilogramos

**Tabla 16**

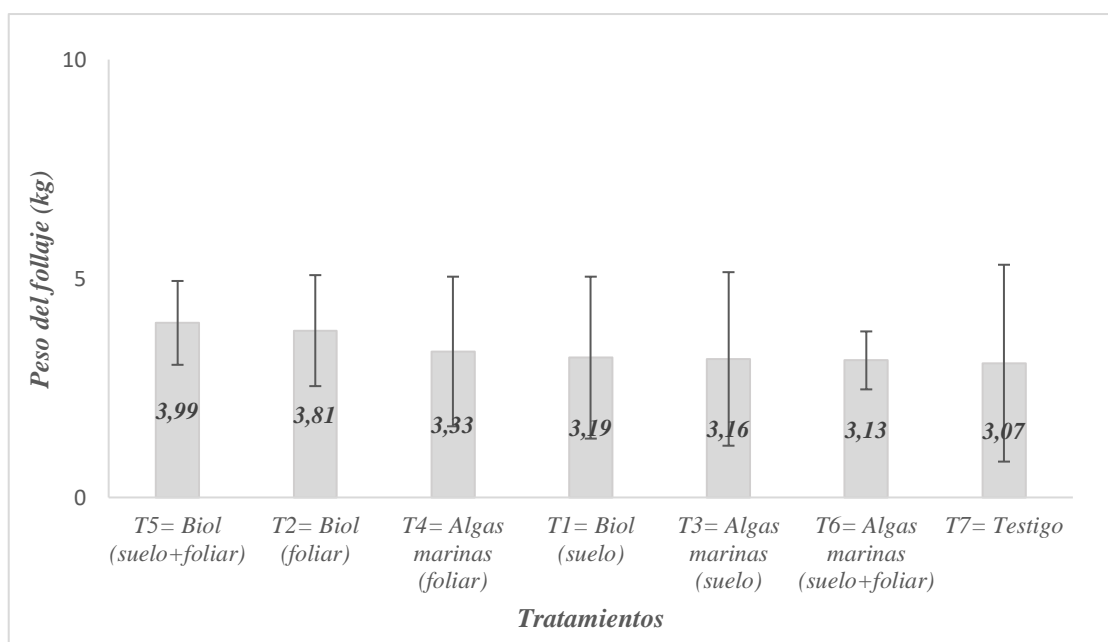
*Análisis de varianza para el peso del follaje (kg)*

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr &gt; F</i>	<i>p-values significatio n codes</i>
<i>Total</i>	20	30,945				
<i>Tratamiento</i>	6	2,393	0,399	0,492	0,803	NS
<i>Bloque</i>	2	18,819	9,410	11,601	<b>0,002</b>	**
<i>Error</i>	12	9,734	0,811			
Promedio (kg)	3,38					
CV (%)	26,62					

El análisis de varianza de la variable peso del follaje (kg), del experimento de evaluación del efecto de los biofertilizantes biol y algas marinas aplicados al suelo y follaje en la producción de papa, muestra que no existe diferencia significativa para los tratamientos en estudio (biol a base estiércol bovino y biol a base de algas marinas aplicados al suelo y follaje), y presenta altas diferencias significativas para los bloques. El promedio de peso del follaje de esta variable es de 3,38 kg. El coeficiente de variación para esta variable fue de 26,62%, reflejando una alta variabilidad entre las repeticiones dentro de cada tratamiento. Esta heterogeneidad podría deberse a una aleatorización inadecuada, un tamaño de muestra insuficiente o mediciones inconsistentes, lo que indica que las diferencias observadas no solo responden a los tratamientos aplicados, sino también a factores metodológicos.

**Figura 6**

*Prueba de comparación de promedios para la variable peso del follaje (kg)*



En la figura 6 se muestra los promedios para el peso del follaje en kilogramos, donde el T5 de biol (suelo + foliar), con un promedio de 3,99%, demostró obtener mejores resultados en base al peso del follaje. Estos hallazgos se relacionan con las investigaciones de Peñaloza et al. (2019), quienes dicen que el biol, al mejorar la disponibilidad de nutrientes, realiza una estimulación al crecimiento vegetativo y aumenta la biomasa foliar, es decir, un mayor peso de follaje está directamente relacionado con una mayor área foliar, lo cual esto a su vez se traduce en una mayor capacidad de la planta para la recepción de la luz y realizar la fotosíntesis. Jacome (2017) demostró que una mayor área foliar se correlaciona positivamente con un mayor rendimiento en una gran variedad de cultivos, incluyendo la papa, esto indica que el aumento en el peso del follaje observado en los tratamientos con biol está asociado con un mayor potencial de producción de biomasa y, por ende, de tubérculos. No obstante, los tratamientos con algas marinas, aunque mostraron un incremento bueno en el peso del follaje, no alcanzaron los niveles observados con los tratamientos de biol. “las algas marinas pueden mejorar la resistencia al estrés y calidad de los cultivos, pero su efecto

en el crecimiento vegetativo es muy variable y depende de las condiciones ambientales e interacciones con otros nutrientes” (Rojas y Seminario, 2014, pág. 6).

En conclusión, el mayor peso de follaje en los tratamientos con biol, especialmente en el T5 (suelo + foliar), está relacionado con un mayor desarrollo del sistema radicular, permitiendo una absorción más eficiente de agua y nutrientes; este incremento en el área foliar favorece la captura de luz, maximizando la tasa fotosintética y, en consecuencia, la producción de biomasa (Veramendi, 2023).

### 5.2.5 Peso de raíz + tubérculos en kilogramos

**Tabla 17**

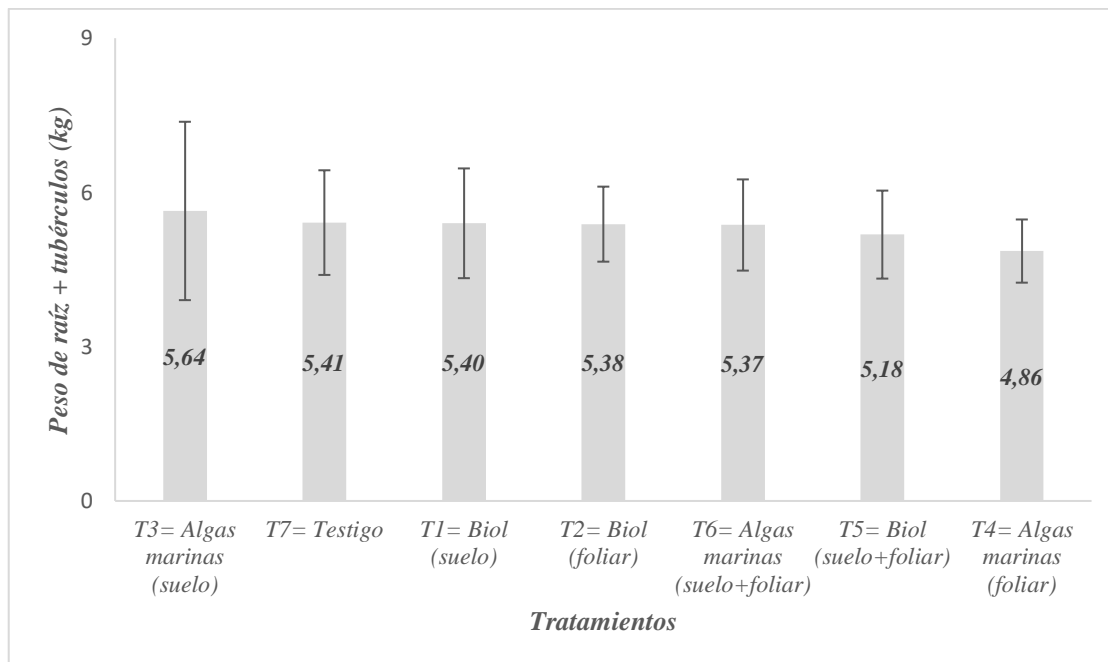
*Análisis de varianza para el peso de raíz + tubérculos (kg)*

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr &gt; F</i>	<i>p-values significatio n codes</i>
<i>Total</i>	20	12,951				
<i>Tratamiento</i>	6	1,065	0,177	0,212	0,966	NS
<i>Bloque</i>	2	1,830	0,915	1,092	0,367	NS
<i>Error</i>	12	10,057	0,838			
Promedio (kg)	5,32					
CV (%)	17,21					

El análisis de varianza de la variable peso de raíz + tubérculos (kg), del experimento de evaluación del efecto de los biofertilizantes biol y algas marinas aplicados al suelo y follaje en la producción de papa, muestra que no existe diferencia significativa para los tratamientos en estudio (biol a base estiércol bovino y biol a base de algas marinas aplicados al suelo y follaje), y presenta altas diferencias significativas para los bloques. El promedio de peso de la raíz más los tubérculos de esta variable es de 5,32 kg. El coeficiente de variación para esta variable es de 17,21%, debido a la influencia de factores fisiológicos y ambientales, como la variabilidad en la absorción de nutrientes, diferencias en la eficiencia fotosintética de las plantas y las interacciones entre el sistema radicular y las condiciones del suelo.

**Figura 7**

*Prueba de comparación de promedios para la variable peso de la raíz + tubérculos (kg)*



En la figura 7 se muestra los promedios para el peso de la raíz más tubérculos, donde el T3 de algas marinas (suelo), con un promedio de 5,64%, demostró obtener mejores resultados en base al peso de la raíz y tubérculos. Estos datos se corroboran con las investigaciones de Flores et al. (2020) y Arango et al. (2011), quienes indican que ambos biofertilizantes pueden mejorar la absorción de nutrientes y desarrollo radicular, lo que a su vez favorece el crecimiento de los tubérculos. El aumento en el peso de la raíz y los tubérculos es un indicador de que se va a dar un mayor rendimiento del cultivo. Las raíces son esenciales para la absorción de agua y nutrientes, y sobre todo un sistema radicular bien desarrollado es fundamental para el crecimiento de los tubérculos. Cabezas (2024) destaca que para resistir a condiciones de estrés y optimizar la utilización de los diferentes recursos del suelo, hay que tener un sistema radicular muy fuerte. La falta de diferencias significativas entre los tratamientos se debe a varios factores como el tipo de suelo, calidad de los biofertilizantes o incluso las condiciones climáticas.

En conclusión, las condiciones climáticas, como la temperatura, humedad y radiación solar, pudieron haber favorecido en la absorción de nutrientes desde el suelo más que desde las aplicaciones foliares; si el suelo presenta un nivel adecuado de humedad, los tratamientos aplicados al suelo, como T3 algas marinas (suelo) y T1 de bio (suelo), permitieron una absorción más eficaz de nutrientes y metabolitos bioactivos en comparación con los tratamientos foliares, que sufrieron afectaciones por la evaporación o menor absorción a través de la cutícula foliar (Roca, 2015).

### 5.2.6 Número y peso de tubérculos por planta

**Tabla 18**

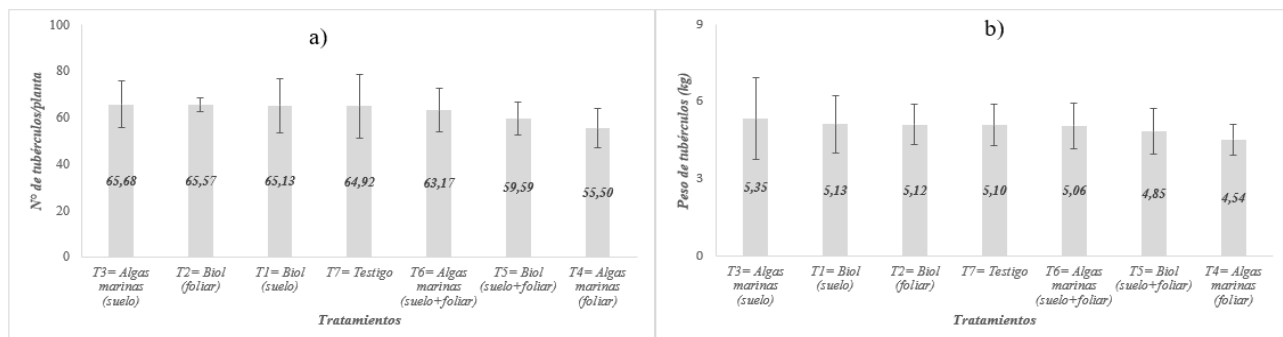
*Análisis de varianza para el número y peso de tubérculos*

<i>Fuente</i>	<i>Número de tubérculos</i>			<i>Peso de tubérculos</i>			
	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>		<i>CM</i>	<i>F</i>	
<i>Total</i>	20						
<i>Tratamiento</i>	6	44,77	0,6	NS	0,2	0,27	NS
<i>Bloque</i>	2	53,03	0,71	NS	0,95	1,27	NS
<i>Error</i>	12	74,85			0,75		
Promedio		62,79			5,02		
CV (%)		13,78			17,26		

El análisis de varianza de la variable número y peso de tubérculos por planta del experimento de evaluación del efecto de los biofertilizantes biol y algas marinas aplicados al suelo y follaje en la producción de papa, muestra que no existe diferencias significativas para los tratamientos en estudio (biol a base estiércol bovino y biol a base de algas marinas aplicados al suelo y follaje), y tampoco se presenta diferencias significativas para los bloques. Los coeficientes de variación de esta variable muestran la dispersión de los datos observados en la investigación respecto de la media aritmética

## Figura 8

Prueba de comparación de promedios para la variable a) número y b) peso de tubérculos planta<sup>-1</sup>



En la figura 8 se muestra los promedios para la variable número y peso de tubérculos; en donde el número de tubérculos muestra un promedio de 65,68% y el peso con un promedio de 5,35%, en ambos se indica que el T3 de algas marinas (suelo) es el que mostró mejores resultados. Este efecto puede explicarse por la acción del biol en la mejora de la microbiota del suelo y equilibrio de nutrientes, lo que estimula la formación de yemas tuberosas (Medina y Ushco, 2022). Además, según Betancourth et al. (2023), los biofertilizantes favorecen la redistribución de asimilados hacia órganos de reserva, promoviendo la multiplicación de tubérculos. Por otro lado, la aplicación de algas marinas también tuvo un impacto positivo, aunque en menor medida. Veramendi (2023) sugiere que los compuestos bioactivos de las algas marinas contribuyen a la salud y resistencia de las plantas, lo que podría estar vinculado con un mayor número de tubérculos.

Según Peñaloza et al. (2019), los biofertilizantes incrementan la eficiencia fotosintética, lo que se traduce en una mayor acumulación de biomasa y peso en los tubérculos. Este incremento está relacionado con la acumulación de almidón, un proceso dependiente de la fotosíntesis y el transporte de azúcares desde las hojas hacia los tubérculos (Muñoz, 2023). No obstante, las diferencias observadas entre tratamientos indican que la

aplicación exclusiva al suelo tuvo un efecto más consistente en el aumento de peso que la aplicación foliar o combinada.

Desde un enfoque fisiológico, los resultados mostraron que la aplicación de biol y algas marinas modula el crecimiento y desarrollo del cultivo al influir en la actividad microbiana del suelo, la distribución de asimilados y regulación hormonal; asimismo, la combinación de biol al suelo y foliar favoreció el número de tubérculos, mientras que la aplicación de algas marinas al suelo tuvo mayor efecto sobre el peso de los tubérculos (Vásquez, 2022).

### 5.2.7 Rendimiento total en toneladas por hectárea (t ha<sup>-1</sup>)

**Tabla 19**

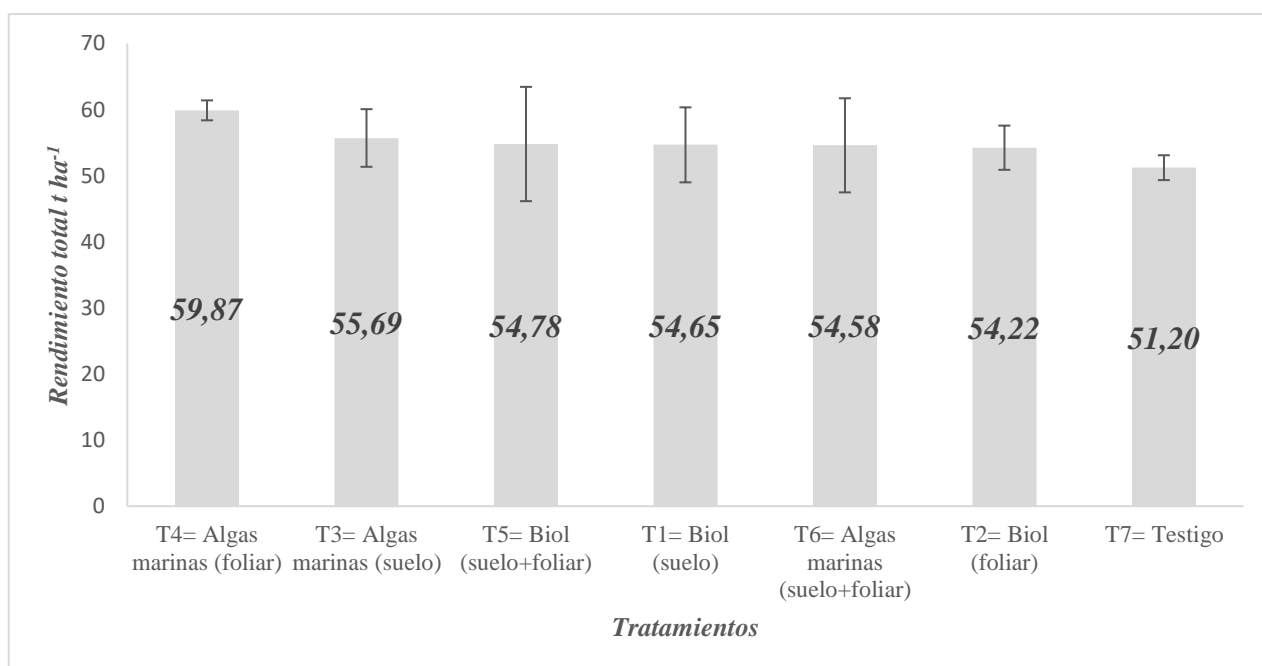
*Análisis de varianza para el rendimiento t ha<sup>-1</sup>*

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr &gt; F</i>	<i>p-values signification codes</i>
<i>Total</i>	20	421,12				
<i>Tratamiento</i>	6	118,84	19,81	1,110	0,413	NS
<i>Bloque</i>	2	87,37	43,69	2,440	0,129	NS
<i>Error</i>	12	214,91	17,91			
Promedio (t ha <sup>-1</sup> )	55					
CV (%)	7,69					

El análisis de varianza de la variable rendimiento total en toneladas por hectárea (t ha<sup>-1</sup>), del experimento de evaluación del efecto de los biofertilizantes biol y algas marinas aplicados al suelo y follaje en la producción de papa, muestra que no existe diferencia significativa para los tratamientos en estudio (biol a base estiércol bovino y biol a base de algas marinas aplicados al suelo y follaje), y no se presenta diferencias significativas para los bloques. El promedio de rendimiento de esta variable es de 55 (t ha<sup>-1</sup>). El coeficiente de variación para esta variable es de 7,69%, lo que demuestra la baja dispersión de los datos respecto del valor promedio.

**Figura 9**

*Prueba de comparación de promedios para la variable rendimiento  $t\ ha^{-1}$*



En la figura 9 se muestra los promedios para la variable rendimiento en toneladas por hectárea ( $t\ ha^{-1}$ ), donde el T4 de algas marinas (foliar), con un promedio de 59,87%, mostró resultados efectivos. Este resultado se atribuye a la capacidad de las algas marinas para promover la fotosíntesis y metabolismo de la planta, ya que contienen compuestos bioactivos como polisacáridos, aminoácidos y reguladores de crecimiento, que estimulan procesos fisiológicos como la elongación y acumulación de biomasa (Navarro, 2024). Además, la aplicación foliar asegura una rápida disponibilidad de estos compuestos, lo que va a optimizar la respuesta de la planta en momentos críticos del desarrollo, como es la formación de tubérculos. En el caso de las aplicaciones al suelo, el tratamiento con algas marinas (55,69%  $t\ ha^{-1}$ ) mostró un rendimiento menor en comparación con la aplicación foliar. Esto es porque existió una menor eficiencia en la absorción de ciertos compuestos bioactivos a través de las raíces, lo cual depende de factores como la textura del suelo y disponibilidad de agua (Cárdenas y Lozano, 2024). Aunque, el aporte constante de macro y micronutrientes a través del suelo contribuyó a un crecimiento equilibrado. Los tratamientos con biol a base

de estiércol bovino, ya sea aplicados al suelo, de forma foliar o en combinación, obtuvieron rendimientos similares entre ellos; esto se da por la naturaleza orgánica del biol, que depende de la actividad microbiana del suelo para liberar nutrientes disponibles para la planta y sean mayormente asimilables (Ramos, 2017)

Los resultados demuestran que el crecimiento vegetativo óptimo está favorecido por los biofertilizantes, especialmente en el T4, debido a que se relaciona con un mayor desarrollo radicular y una mejor eficiencia en la absorción de agua y nutrientes; la combinación de fitohormonas y bioestimulantes en las algas marinas fomenta una mejor arquitectura de la planta, incrementando la relación área foliar/tasa fotosintética, lo que se traduce en un mayor rendimiento (Barajas, 2017).

### 5.2.8 Rendimiento por categoría en toneladas por hectárea (t ha<sup>-1</sup>)

**Tabla 20**

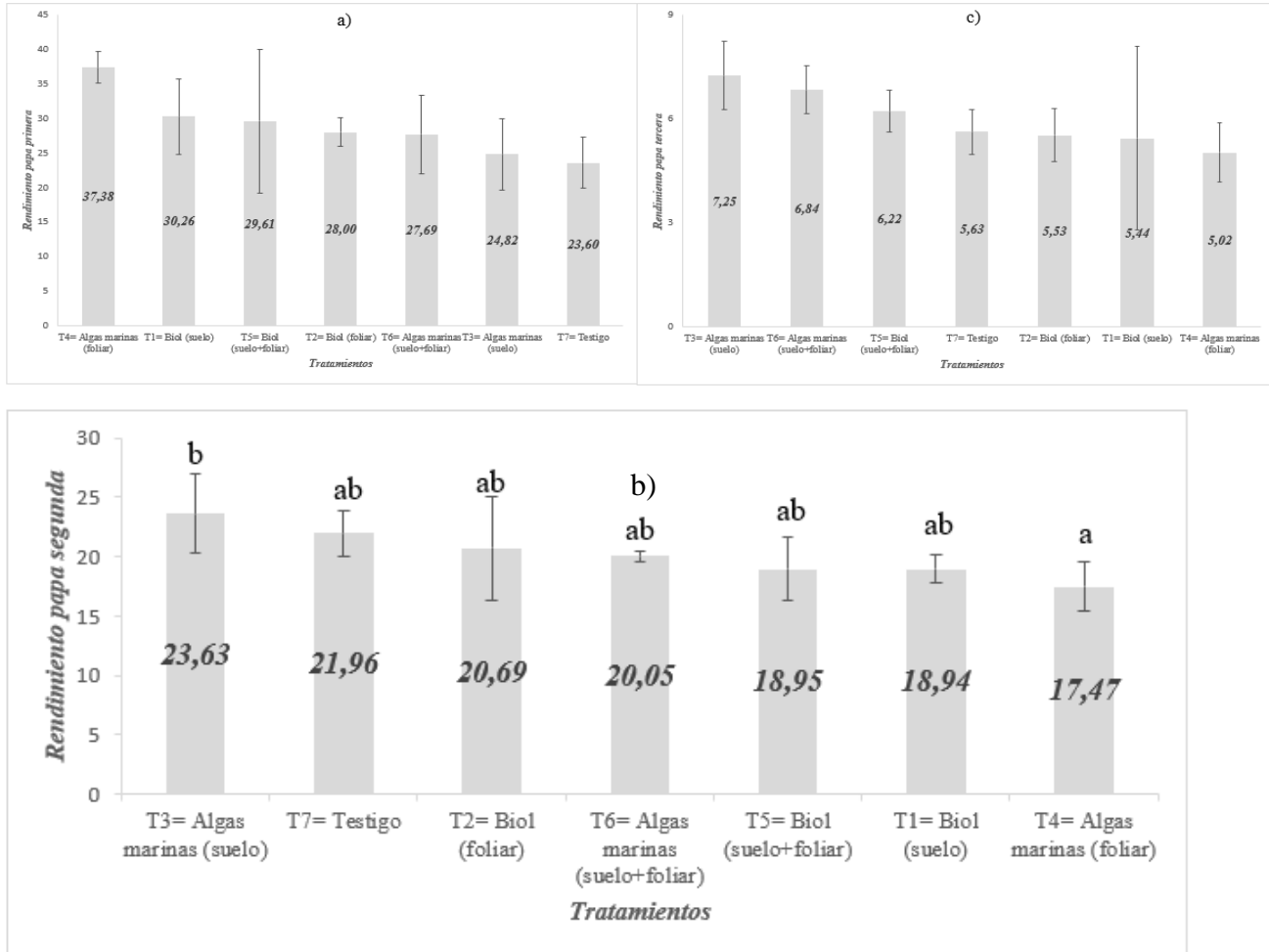
*Análisis de varianza para el rendimiento de papa primera, segunda y tercera*

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>PRIMERA</i>			<i>SEGUNDA</i>			<i>TERCERA</i>		
		<i>CM</i>	<i>F</i>		<i>CM</i>	<i>F</i>		<i>CM</i>	<i>F</i>	
<i>Total</i>										
<i>corregido</i>	20									
<i>Tratamiento</i>	6	60,56	2,50	NS	12,86	3,09	*	1,98	2,50	NS
<i>Bloque</i>	2	26,96	1,11	NS	11,93	2,86	NS	3,56	4,51	NS
<i>Error</i>	12	24,23			4,17			0,79		
Promedio (t ha <sup>-1</sup> )		28,77			20,24			5,99		
CV (%)		17,11			10,09			14,84		

El análisis de varianza de la variable rendimiento por categoría en toneladas por hectárea (t ha<sup>-1</sup>), del experimento de evaluación del efecto de los biofertilizantes biol y algas marinas aplicados al suelo y follaje en la producción de papa, muestra que existe diferencias significativas para los tratamientos en estudio (biol a base estiércol bovino y biol a base de algas marinas aplicados al suelo y follaje) con respecto a la papa de categoría segunda, y no presenta diferencias significativas para los bloques. Los coeficientes de variación de esta variable muestran la dispersión de los datos observados en la investigación respecto de la media aritmética.

**Figura 10**

*Prueba de comparación de promedios para la variable rendimiento por categoría: a) primera, b) segunda y c) tercera en toneladas por hectárea ( $t\ ha^{-1}$ )*



En la figura 10 se muestran los promedios del rendimiento por categoría en toneladas por hectárea. En general, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la primera y tercera categoría; aunque, en la segunda categoría sí se observaron diferencias significativas entre tratamiento. En la primera categoría, el tratamiento T4 de algas marinas aplicada vía foliar obtuvo el mayor rendimiento, con un promedio de 37,38%. En la segunda categoría se observó tres rangos de significancia, el rango (b) que corresponde al T3 algas marinas (suelo) mostró un alto rendimiento con un 23,63%, por el contrario, el rango (a) correspondiente al tratamiento T4 algas marinas (foliar) fue el de más bajo rendimiento en la categoría. Finalmente, en la tercera categoría, el tratamiento T3

continuó mostrando el mejor rendimiento, con un promedio de 7,25%, aunque sin diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos.

Con respecto a los resultados de la primera categoría, se debe a la presencia de compuestos bioactivos como citoquininas y polisacáridos, los cuales promueven la división celular y la translocación de nutrientes esenciales para el crecimiento inicial del cultivo (Cabello et al., 2020). Aunque el biol aplicado al suelo (T1) favorece la fertilidad y mejora la disponibilidad de nutrientes, su efecto es más prolongado en el tiempo, mientras que las algas marinas foliares proporcionan una estimulación directa y rápida de la fisiología vegetal, favoreciendo el desarrollo de estructuras clave como raíces, estolones y tubérculos en esta fase inicial (Cando y Malca, 2017).

Asimismo, con la segunda categoría, la explicación de este es por debido a la capacidad de los extractos de algas marinas para proporcionar compuestos bioactivos como citoquininas y polisacáridos sulfatados, los cuales mejoran la fotosíntesis, translocación de carbohidratos y resistencia al estrés abiótico en la etapa de llenado de los tubérculos (Parra et al., 2018). En contraste, los tratamientos con biol (T1 y T5) mostraron un menor impacto en esta categoría, esto se debió a su lenta liberación de nutrientes, que no ofreció un aporte inmediato de elementos claves para el desarrollo óptimo del tubérculo en la cosecha (Montoya et al., 2020).

Finalmente para los resultados de la tercera categoría, se atribuye a la capacidad de las algas marinas para mejorar las propiedades físico-químicas del suelo, como la retención de humedad y disponibilidad de micronutrientes esenciales (Salazar et al., 2022). Adicionalmente, su aplicación al suelo garantiza un suministro sostenido de nutrientes al sistema radicular, lo que es clave en ciclos sucesivos de cultivo; el tratamiento combinado de algas marinas en suelo y de manera foliar (T6) también mostró un alto rendimiento, lo

que sugiere un efecto sinérgico entre la mejora del suelo y estimulación directa de los procesos fisiológicos en las hojas (Espin, 2024).

En conclusión, en el contexto fisiológico, la mayor efectividad de las algas marinas aplicadas foliarmente (T4) en las primeras etapas del cultivo se debe a la rápida absorción de compuestos bioactivos como fitohormonas, aminoácidos y polisacáridos, que estimulan el crecimiento vegetativo y eficiencia fotosintética, esto permite un desarrollo más vigoroso y una mayor producción de biomasa, favoreciendo la formación y el llenado de tubérculos más grandes y de mejor calidad (Veliz, 2023). Con respecto a las algas marinas aplicadas al suelo (T3), se debe a que existe un mejoramiento de la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, durante la fase de formación de las papas de segunda, estos elementos favorecen la fotosíntesis y transporte de asimilados hacia los tubérculos, optimizando su crecimiento (Rojas & Seminario, 2014).

## 5.2.9 Costos de producción

**Tabla 21**

*Costos de Producción para la Siembra y Cosecha de Papa Variedad Superchola*

<b>Costos de producción</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>
Total	5734,02	5789,02	5727,27	5769,895	5819,02	5793,145	5704,02
<b>Gastos de cosecha</b>							
Total	1103,8928	1095,4844	1124,7136	1208,7976	1106,6956	1102,6916	1034,6236
<b>Gastos de producción</b>							
Total	6837,9128	6884,5044	6851,9836	6978,6926	6925,7156	6895,8366	6738,6436
<b>PRECIO DE CAMPO</b>							
<b>Papa comercial 1 (\$/qq):</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>
Rendimiento Comercial (qq)	332,86	308,00	273,02	329,78	325,82	304,70	259,60
Beneficio bruto (\$/qq)	9320,08	8624	7644,56	9233,84	9122,96	8531,6	7268,8
<b>Papa comercial 2 (\$/qq):</b>	<b>18,00</b>	<b>18,00</b>	<b>18,00</b>	<b>18,00</b>	<b>18,00</b>	<b>18,00</b>	<b>18,00</b>
Rendimiento Comercial (qq)	208,34	227,7	259,82	273,68	208,34	220,44	241,56
Beneficio bruto (\$/qq)	3750,12	4098,6	4676,76	4926,24	3750,12	3967,92	4348,08
<b>Desecho (\$/qq):</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
Rendimiento Desecho (qq)	59,84	60,72	79,64	55,22	68,42	75,24	61,82
Beneficio bruto (\$/qq)	538,56	546,48	716,76	496,98	615,78	677,16	556,38
<b>Beneficio Bruto</b>	<b>13608,76</b>	<b>13269,08</b>	<b>13038,08</b>	<b>14657,06</b>	<b>13488,86</b>	<b>13176,68</b>	<b>12173,26</b>
<b>Beneficio Neto (BB-GP)</b>	<b>6770,85</b>	<b>6384,58</b>	<b>6186,10</b>	<b>7678,37</b>	<b>6563,14</b>	<b>6280,84</b>	<b>5434,62</b>
<b>RELACION</b>	<b>1,99</b>	<b>1,93</b>	<b>1,90</b>	<b>2,10</b>	<b>1,95</b>	<b>1,91</b>	<b>1,81</b>
<b>BENEFICIO/COSTO(BB/GP)</b>							
<b>RENTABILIDAD (%)</b> <b>(BN/GP*100)</b>	<b>99,02</b>	<b>92,74</b>	<b>90,28</b>	<b>110,03</b>	<b>94,76</b>	<b>91,08</b>	<b>80,65</b>

El análisis de costos de producción y rentabilidad en el cultivo de papa variedad Superchola muestra variaciones significativas entre los tratamientos evaluados. De acuerdo con la tabla 18, el tratamiento T4, correspondiente a la aplicación foliar de algas marinas, expone la mayor rentabilidad con un 110,03%, lo que indica que por cada dólar invertido se obtiene más del doble en beneficios netos; este resultado subraya la eficiencia del biol a base de algas marinas en la optimización del rendimiento y calidad del cultivo, reduciendo costos asociados a fertilizantes sintéticos y mejorando la productividad del suelo (Pacheco & Valle, 2018).

Desde un contexto económico, el costo total de producción se mantiene relativamente estable entre tratamientos, con valores que oscilan entre 6738,64 USD (T7) y 6985,36 USD (T6), lo que manifiesta que la variabilidad en la rentabilidad está más influenciada por los ingresos brutos que por los costos directos de producción, es decir, que la diferencia clave se encuentra en los beneficios brutos, donde el T4 alcanza el valor más alto con 14677,06 USD, lo que se traduce en un beneficio neto de 7678,37 USD, superior a los demás tratamientos. Esto corrobora hallazgos previos que sugieren que la aplicación foliar de biofertilizantes promueve un mayor rendimiento debido a su rápida absorción y aprovechamiento por parte del cultivo (Mora & Mendoza, 2023).

Desde el punto de vista productivo, los rendimientos comerciales de papa de primera y segunda calidad son determinantes en la rentabilidad; en este caso, el T4 obtuvo un rendimiento comercial en papa de primera de 329,78 qq ha<sup>-1</sup> (14,95 t ha<sup>-1</sup>), superior a la mayoría de tratamientos, lo que indica un mayor aprovechamiento de los nutrientes y una mejor estructura del suelo para la formación de tubérculos de calidad (Seminario, Villanueva, & Valdez, 2018). Además, la proporción de desechos (papa tercera) se mantiene en un rango bajo y estable (entre 55,22 y 61,82 qq ha<sup>-1</sup>), lo que indica que el biofertilizante

a base de algas marinas favorece la formación de tubérculos uniformes y con menores defectos fisiológicos.

Datos del ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua) reportan que el rendimiento promedio de papa en Ecuador oscila entre 300 y 360 qq/ha, con costos de producción cercanos a 6800 USD/ha, valores que coinciden con los hallazgos de esta investigación (INEC, 2024).

- **CAPÍTULO VI**
- **CONCLUSIONES**

Al finalizar el presente trabajo de investigación, se ha podido llegar a las siguientes conclusiones:

- No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en las siguientes variables: a) porcentaje de emergencia, b) número de tallos a los 45 días después de la siembra, c) altura de planta a los 30, 60, 90 y 120 días, d) peso del follaje, e) peso de raíz y tubérculos, f) número y peso de tubérculos, g) rendimiento total por hectárea y h) rendimiento por categorías (primera y tercera).
- A pesar de la ausencia de diferencias significativas en las variables analizadas, el tratamiento T4 (biofertilizantes a base de algas marinas aplicadas de manera foliar) presentó la mayor rentabilidad con un 110,03%, reflejando un beneficio neto de 7.678,37 USD y el ingreso bruto más alto (14.677,06 USD). Estos resultados evidencian su eficiencia productiva y económica, validando el uso de biofertilizantes foliares a base de algas marinas como una alternativa óptima en el cultivo comercial de papa.
- El tratamiento con aplicación foliar de algas marinas (T4) registró el mayor rendimiento en toneladas por hectárea ( $59,87 \text{ t ha}^{-1}$ ), superando a los tratamientos con algas marinas aplicadas al suelo (T3) y biol aplicado tanto al suelo como de manera foliar (T5), que obtuvieron  $55,69 \text{ t ha}^{-1}$  y  $54,78 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente. Esta diferencia se debe a la presencia de compuestos bioactivos en las algas marinas, tales como fitohormonas, aminoácidos y polisacáridos, que actúan como bioestimulantes al mejorar la actividad metabólica de la planta, fortalecer su capacidad fotosintética y optimizar la translocación de foto asimilados hacia los tubérculos. Además, estos

compuestos aumentan la tolerancia a condiciones ambientales adversas, promoviendo un mejor desarrollo y producción del cultivo. Por lo tanto, la aplicación foliar de algas marinas se presenta como una estrategia eficiente para incrementar la productividad de la papa.



## ● CAPÍTULO VII

### ● RECOMENDACIONES

De la misma forma al finalizar la investigación se pueden generar las siguientes recomendaciones:

- Los resultados obtenidos con el tratamiento 4, basado en la aplicación de algas marinas al suelo y de forma foliar, evidenciaron un desempeño destacado, demostrando su eficacia en la producción, no obstante, se recomienda la realización de estudios adicionales para optimizar las dosis y frecuencias de aplicación con el fin de maximizar su impacto en el rendimiento del cultivo. Además, sería conveniente explorar la formulación de biol con diferentes ingredientes y aditivos, como agentes humectantes o compuestos orgánicos, que favorezcan una mejor adherencia y absorción de los nutrientes aplicados foliarmente..
- El tratamiento con algas marinas aplicadas foliarmente (T4) obtuvo el mayor rendimiento en la producción de papa, por lo que se recomienda su uso como la mejor alternativa frente al biofertilizante evaluado, sin embargo, es importante considerar estudios adicionales para optimizar su aplicación y maximizar sus beneficios en distintos contextos agronómicos..
- Se recomienda realizar estudios que analicen la interacción entre diferentes biofertilizantes y las condiciones ambientales específicas del cultivo de papa a campo abierto en Ecuador; también es importante considerar variables como temperatura, humedad, pH y fertilidad del suelo, adaptándolas a las particularidades agroclimáticas de la región, debido a que la humedad del suelo y las sequías influyen significativamente en la producción del cultivo, se sugiere implementar un sistema de monitoreo continuo, viable para este contexto, que permita registrar estos

parámetros. Este monitoreo puede complementarse con el uso de herramientas accesibles, como sensores portátiles de humedad y temperatura, facilitando la toma de decisiones en tiempo real y optimizando la aplicación de biofertilizantes para mejorar su eficiencia agronómica y económica.

## ● CAPÍTULO VIII

### ● REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, M. A., Cartagena Ayala, Y. E., Cuesta Subía, H. X., Monteros Jácome, J. C., Racines Jaramillo, M. R., Rivadeneira Ruales, J. E., & Velásquez Carrera, J. S. (2021). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores*. INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5672>
- Arcos, J., & Zúñiga, D. (2016). Rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas con capacidad para mejorar la productividad en papa. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 20(1), 18-31.
- Arteaga, G., Ortiz, R., & Cartagena Ayala, Y. E. (2022). Dinámica de la absorción de nutrimentos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola, para la producción de semilla prebásica. *Siembra*, 9(2).
- Barajas, L. N. (2017). Biofertilizantes: conceptos, beneficios y su aplicación en Colombia. *Ingeciencia*, 2(1), 65-76.
- Beltrán, M. E., & Bernal, A. A. (2022). Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los agroecosistemas. *Revista Mutis*, 12(1).
- Betancourth, C., Salazar, C., Sañudo, B., Florez, C., & Salomón, C. (2023). *Las posibilidades competitivas de la papa para la producción a pequeña escala en Nariño*. Universidad de Nariño. <https://sired.udenar.edu.co/11082/1/LAS%20POSIBILIDADES%20COMPETITIVAS%20DE%20LA%20PAPA.pdf>
- Cabello, G. G., Sanchez, L. N., Ambrocio, Y. Y., Patiño, I. W., Mendoza, P. C., & Rivera, A. R. (2020). Efectos del biol y súper biol en la producción agroecológica de la lechuga (*lactuca sativa*) variedad seda en el centro poblado de Chinchopampa–Chaglla–Pachitea–Huánuco. *Journal of the Academy*, (3), 17-31.

- Cabezas, B. M. (2024). *Análisis de daños causado por Ralstonia solanacearum en cultivo de papa*. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/15929/E-UTB-FACIAG-AGRON-000101.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Caicer, L. A. (2023). *Efecto de un extracto de algas marinas y hormonas de crecimiento en el cultivo de maíz (Zea mays. L) híbrido DEKALB 7088 en el cantón Francisco de Orellana*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/19039/1/13T01077.pdf>
- Calderón, F. I. (2012). *Evaluación de la distancia entre minitubérculos y número de tallos por planta en la productividad de semilla de papa (Solanum tuberosum), cultivar Fripapa, bajo invernadero*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2197/1/13T0742%20pdf>
- Campos, M. A. (2018). El uso de pesticidas en la agricultura y su desorden ambiental. *Revista Enfermería la Vanguardia*, 6(2), 40-47
- Cando, & Malca. (2017). Influenencia de un abono orgánico líquido tipo biol en el rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L) cultivada en sistema hidropónicos. *Manglar*, 12(2), 31-38.
- Cárdenas, G. A., & Lozano, M. K. (2024). *Efectos de la Aplicación de un biofertilizante a base de algas marinas en el desarrollo vegetativo de Musa x paradisiaca, en el cantón Paján (Ecuador)*. <https://repositorio.ecotec.edu.ec/bitstream/123456789/1453/1/C%c3%81RDENAS%20HOLGU%c3%8dN%20G%c3%89NESIS%20ARIANA%20%26%20LOZANO%20PIN%20MELISSA%20KARINA.pdf>
- Cavalcante, C., & Oliveira, D. (2020). Métodos de revisión bibliográfica en los estudios científicos. *Psicología em Revista*, 26(1), 83-102.
- Chamorro, H. C. (2017). *Respuesta a la aplicación de tres abonos orgánicos sólidos al suelo, más la aplicación foliar de tres dosis de biol en el rendimiento de, rye grass anual*

(*Lolium multiflorum* L). <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3190/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000054.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Chirinos, D., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Bravo, S. P., & Solis, L. (2020). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 84-99.

CIP. (2019). *Potencial nutricional de la papa*. <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2019/08/CIP-PANAMERICANOS-LIMA-2019.pdf>

Cloyd, R. A., & Cowles, R. S. (2010). Manejo de la resistencia: principios de resistencia, modo de acción y rotación de insecticidas. *Connecticut Agricultural Experiment Station*, 1-12.

Díaz, A. J. (2017). *Características fisicoquímicas y microbiológicas del proceso de elaboración de biol y su efecto en germinación de semillas* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://45.231.83.156/bitstream/handle/20.500.12996/2792/F04-D5335-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Espin, F. J. (2024). *Evaluación de un fertilizante foliar a tres dosis en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad “Súper Chola” en el barrio Umbria, Aloasí, cantón Mejía* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ec5cb076-adfb-4ca5-ab0c-2e1a067e3220/content>

Espinosa, J., Herrera, E., & González, M. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Biotechnología Vegetal*, 20(4), 257-282.

Figuerola, W. E., & Garrido, R. A. (2018). *Efecto del Biol como fertilizante orgánico en tres cultivares de *Pennisetum purpureum* Juigalpa, Chontales, Nicaragua, 2015 – 2016*

(Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Agraria.  
<https://repositorio.una.edu.ni/3783/1/tnf04a472e.pdf>

Flores, R., Marín, M., Sotelo, E., & Flores, F. (2024). Altura de planta y rendimiento de la variedad de papa Fianna en respuesta a la aplicación de cloruro de mepiquat en invernadero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 47(3), 261-261.

Flores-López, R., Casimiro-Marín, M., Sotelo-Ruiz, E., Rubio-Covarrubias, O., & López-Delgado, H. (2020). Fertilización NPK, distribución de biomasa y número de minitubérculos de papa en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(8), 1827-1838.

González, G. M. (2013). *Uso de lixiviado procedente de material orgánico de residuos de mercados para la elaboración de biol y su evaluación como fertilizante para pasto* (Tesis de licenciatura). Universidad de Cuenca.  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4706/1/TESIS.pdf>

Gualpa, J. M. (2023). *Microtuberización in vitro de Solanum tuberosum L. Var* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Ambato.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5a162316-288a-41a6-990a-d0c8f41c43c7/content>

Gutiérrez, Y. K. (2016). *Extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de vainita (Phaseolus vulgaris L.) bajo condiciones de La Molina* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Agraria La Molina.  
<http://45.231.83.156/bitstream/handle/20.500.12996/2590/F04-G8834-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ibarra, C. (2010, 30 de junio). *Sustratos orgánicos: elaboración, manejo y principales usos*.  
<http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/4199/09.pdf>

- Inostroza, J. M. (2017). *Manual del cultivo de la papa en Chile* (Boletín INIA N° 10). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6706/Bolet%C3%ADn%20INIA%20N%C2%B0%20375?sequence=1&isAllowed=y>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2024, abril). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC)*.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2020). *Mejoramiento genético de papa: conceptos, procedimientos, metodologías y protocolos*. Quito, Ecuador.
- Jacome, J. F. (2017). *Comparación del crecimiento de dos clones de papa criolla Solanum phureja, Just et Buck en el Municipio de Pamplona norte de Santander*. [http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1874/1/J%C3%A1come\\_2017\\_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1874/1/J%C3%A1come_2017_TG.pdf)
- Medina, K. A., & Ushco, C. E. (2022). *Análisis de la calidad de suelos tratados con Biol en el campus experimental académico (CEASA), periodo 2022*. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/00650b72-fe68-441f-ad11-9e2fe7dcdd06/content>
- Medjdoub, R. (2020). Las algas marinas y la agricultura. *División agrícola Catsaigner Diego Hermanos SA*.
- Méndez, M. P., Peña, E. P., Hechemendía, S. A. L., Yero, Y. B., & Hernández, A. H. (2017). Producción de biol y determinación de sus características físico-químicas. *Ojeando la Agenda*, (48), 6.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2019). *Boletín situacional. Papa 2018*. Sistema de Información Pública Agropecuaria.

[http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2018/boletin\\_situacional\\_papa\\_2018.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2018/boletin_situacional_papa_2018.pdf)

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2019). *Informe de rendimientos objetivos de papa 2019*. Sistema de Información Pública Agropecuaria. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/papa/rendimiento-de-la-papa-ecuador>

Montoya, S., Mora, M., & Vásquez, C. (2020). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), 55-68.

Mora, M., & Mendoza, H. (2023). Evaluación de la capacidad de solubilización de fosfatos por bacterias asociadas a la rizosfera de papa *Solanum tuberosum* L. Var. Superchola (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/37464>

Moreno, S. L. (2017). *Extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de ají escabeche (Capsicum baccatum var. pendulum) bajo condiciones de Cañete* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/84ee7e0b-4c82-45ea-a22c-e116e20aa266/content>

Muñoz, I. (2023). *Empleo de bioestimulantes naturales como alternativa a la fertilización mineral en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.)* (Tesis de licenciatura). Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba. <https://rein.umcc.cu/bitstream/handle/123456789/3891/TD23%20%20Iriselys.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Murillo, R. L., Cunuhay, K. E., Trávez, R. T., Méndez, C. U., Corone, A. E., & Albornoz, A. B. (2016). Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum*, L) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. *Revista Ciencia y Tecnología*, 9(1), 11-16.

- Navarro, I. (2024). Efectos de la aplicación de CSL en plantas hortícolas para mejorar su crecimiento en diferentes condiciones medioambientales (Tesis de maestría). Universidad Miguel Hernández, Elche, España. <https://dspace.umh.es/bitstream/11000/34065/1/TD%20Navarro%20Morillo%2c%20Iv%c3%a1n.pdf>
- Noé, M. J. (2020). *Fertilización foliar con extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de brócoli (Brassica oleracea l. var. italica cv. 'Paraíso')* (Tesis de licenciatura). Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Cuba. <http://45.231.83.156/bitstream/handle/20.500.12996/4340/license.txt?sequence=2&isAllowed=y>
- Ortega, J. G., & Andrade, H. (2021). Estado de arte del cultivo de papa para el consumo de papa prefrita congelada (PPFC) en el Ecuador. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 25(1), 42-56.
- Pacheco, J. M., & Valle, V. J. (2018). *Respuesta a la aplicación foliar de tres dosis de bioestimulantes y tres dosis de extracto de algas marinas en el cultivo de maíz (Zea mays L.), híbrido Dekalb 7508, en la zona alta del valle de Ica* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, Ica, Perú. <https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8a7862e7-ca48-4f53-9cd3-614206541bb0/content>
- Parra, A., Buchelo, C., & Escobar, H. (2018). Efecto del potasio y la densidad de siembra en la producción de papa Solanum tuberosum Grupo Phureja var. Criolla Guaneña. *Temas Agrarios*, 23(1), 37-46.
- Peñaloza, J., Reyes, A. K., González, A., Pérez, D. D., & Sangerman, D. M. (2019). Fertilización orgánica con tres niveles de gallinaza en cuatro cultivares de papa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(5), 1139-1149.

- Pérez, K. (2022). *Evaluación de la respuesta del frejol (Phaseolus vulgaris L.) a la aplicación foliar y en drench de un extracto acuoso de algas marinas* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36368/1/Tesis324%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20P%C3%A9rez%20Jinez%20Kleber%20Stalin.pdf>
- Pilcorema, S. E., Unda, S., Caamaño, H. A., & Gorotiza, A. C. (2021). Efecto de Biochar, SiO<sub>2</sub> y biol en el desarrollo vegetativo de Musa sp. *Conference Proceedings (Machala) (Vol. 5, No. 1, pp. 153-159)*.
- Pineda, A. J., Hernández, A. D., & Díaz, H. B. (2021). Multiplicación y reducción del crecimiento in vitro de papa chaucha (Solanum tuberosum L. grupo Phureja). *Manglar, 18*(2), 123-128.
- Punina, E. I. (2013). *Evaluación agronómica del cultivo de papa (Solanum tuberosum) CV Fripapa, a la aplicación de tres abonos completos* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f943a5e3-4b32-46a0-9693-868ee0874538/content>
- Ramos, D. (2017). *Incidencia de biol y bocashi en la recuperación de la fertilidad y edafofauna de suelos agrícolas degradados de La Parroquia Mariano Acosta-Imbabura* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. <https://core.ac.uk/download/pdf/200328015.pdf>
- Roca, F. (2015). *Sustrato nutritivo*. <http://www.andresroca.com/fotosdiscos/informacion/sustrato.htm>
- Rojas, E. R., & Maza, A. M. (2021). *Controles biológicos y su influencia en la reducción del uso de pesticidas en cultivos agrícolas* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/70415/Rivera\\_RED\\_Montero\\_MMA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/70415/Rivera_RED_Montero_MMA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Rojas, L., & Seminario, J. (2014). Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) de la región Cajamarca. *Scientia Agropecuaria*, 5(3), 165-175.
- Salazar, W. S., Pérez, J. E., & Coto, M. L. (2022). Aplicación foliar de fertilizantes y extracto de algas en pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *AIA. Avances en Investigación Agropecuaria*, 26(1), 177-189.
- Sánchez, E., & Ortega, M. (2011). Emergencia de brotes de tubérculos de papa en condiciones salinas. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 153-160.
- Seminario, J., Seminario, A., Domínguez, A., & Escalante, B. (2017). Rendimiento de cosecha de diecisiete cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) del grupo Phureja. *Scientia Agropecuaria*, 8(2), 181-191.
- Seminario, J., Villanueva, R., & Valdez, M. (2018). Rendimiento de cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) amarillos precoces del grupo Phureja. *Agronomía Mesoamericana*, 639-653.
- Solís, S., Vanegas, L., Méndez, J., Cadenas, W., Castro, M., Pavón, W., & Alemán, B. (2014). Comportamiento de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en zonas de poca altitud de clima cálido en Nicaragua. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 18(1), 156-172.
- Torres, S., Cabrera, J., Hernández, M., Portela, Y., & Figueroa, G. (2012). El número de tallos por plantón afecta el crecimiento y rendimiento de la papa variedad Cal White. *Centro Agrícola*, 39(1), 11-16.
- Ubilla, L. S. (2017). *Respuesta del cultivo de maíz (Zea mays L) a la aplicación de abonos foliares a base de algas marinas* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica Estatal

de Quevedo, Ecuador.  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/78817323-9e40-4ea1-b803-ec4998f810ec/content>

Vásquez, R. E. (2022). *Efecto del abono orgánico biol en el comportamiento productivo y composición química de pasturas RYE Grass trébol en el valle de Cajamarca* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.  
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5473/TESIS%20ERIK%20ARREGLADO%20C-31-01-2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Velasco, R. C. (2013). *Evaluación de densidades de siembra en papa nativa (Solanum spp.) variedades INIAP-(Solanum spp.) en el sector Huagrasi de la parroquia San José de Poalo del cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2942c96c-8df0-425b-93cc-ceedba5dde7ab/content>

Velasteguí, E. (2013). *Evaluación de biofertilizante en el cultivo de orégano (Origanum vulgare L.) en la granja experimental Querochaca* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d1a03b9c-d73f-4611-a51b-f1b01fcf0de4/content>

Veliz, C. A. (2023). *Beneficios del biol en el cultivo de pepino (Cucumis sativus)* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.  
<https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/14100/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000501.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Veramendi, C. (2023). *Efectos de la aplicación de bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de Solanum Lycopersicum L. "tomate" bajo condiciones de Pativilca* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Perú.  
<https://repositorio.unjpsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/7737/PDF%20->

TESIS-TOMATE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Villena, M. (2022). *Fertilización sostenible y Gestión Integral de Nutrientes*. Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN).  
<https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/4149a490-eec5-4413-a123-10218a8574ca/content>.

● ANEXOS

**Anexo 1**

*Tabla de datos tomados en campo*

Tratamiento	Bloque	% de Emergencia	Altura de planta (cm) Mes 1 (30 días)	Altura de planta (cm) Mes 2 (60 días)	Altura de planta (cm) Mes 3 (90 días)	Altura de planta (cm) Mes 4 (120 días)	Numero de tallos Mes 1 (45 días)	Peso de follaje (kg)	Peso de raíz + tuberculos (kg)	Numero de tuberculos/planta	Peso de tuberculos (kg)
1	1	90	48,9	73,4	68	100,6	5,9	5,08	6,44	76,38	6,23
1	2	75	53	73,2	73,5	117,5	6,2	2,26	5,16	56,75	4,79
1	3	45	43,5	70,5	73	106	5,4	2,24	4,6	62,25	4,36
2	1	85	52,4	72	69,5	106	5,7	5,09	5,16	63,88	4,88
2	2	60	38	72,5	74	106,5	4,5	3,33	6,11	68,57	5,92
2	3	72,5	46,7	71,2	74,5	106,5	6,3	3,01	4,88	64,25	4,57
3	1	87,5	47,2	68,5	69	119,5	6,1	4,76	6,89	64,25	6,52
3	2	85	40,5	73	72,5	102	4,9	1,29	3,93	57,5	3,78
3	3	62,5	42,3	66	70,5	107,5	5,5	3,44	6,1	75,29	5,74
4	1	67,5	48,9	66	64	100	4,7	5,01	4,24	47,13	3,94
4	2	82,5	47	73,3	70,5	109,5	5,4	2,91	5,09	57,5	4,73
4	3	95	47,7	74,5	74,5	105,5	5,7	2,08	5,25	61,88	4,94
5	1	75	42,8	71	70,5	119	5,8	4,46	6,04	62,13	5,73
5	2	87,5	48,8	70,5	75,5	111,5	5,7	4,49	4,62	52,38	4,25
5	3	85	47,9	75,5	71,5	104,5	6,5	3,01	4,88	64,25	4,57
6	1	92,5	47,3	76,5	73,5	109	5,1	3,71	6,19	62	5,89
6	2	85	43,8	70	75	100,5	5,4	2,54	4,63	55,5	4,35
6	3	75	44,7	73	75,5	110	5,9	3,14	5,28	72	4,95
7	1	80	50,5	70,5	73	107,5	5,8	4,84	5,2	54,75	4,94
7	2	90	46	69,5	73,5	113	6,3	3,44	6,4	78,25	5,89
7	3	60	45,9	77,5	72,5	102	5,6	0,92	4,64	61,75	4,47

**Anexo 2**  
*Elaboración del biol*



**Anexo 3**  
*Toma de muestras de suelo*



## Anexo 4

### Análisis químico de suelo

MC-LASPA-2201-01

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

INFORME DE ENSAYO No: 24-0086

<b>NOMBRE DEL CLIENTE:</b> Suquillo Simbaña Jovanny Gabriel	<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b> 22/03/2024	
<b>PETICIONARIO:</b> Suquillo Simbaña Jovanny Gabriel	<b>HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b> 11:34	
<b>EMPRESA/INSTITUCIÓN:</b> Suquillo Simbaña Jovanny Gabriel	<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 25/03/2024	
<b>DIRECCIÓN:</b> Carchi	<b>FECHA DE EMISIÓN:</b> 15/05/2024	
	<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b> SUELO 4	

Análisis	pH	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO	CO <sup>2</sup>	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN																
																			Arena	Limo	Arcilla																	
24-0292	5,94	Me AC	224,47	A	234,33	A	31,14	A	1,08	M	1,73	A	11,22	A	2,04	A	9,8	A	3,4	A	1883	A	29,0	A	4,25	1,53	8,02	15,39	5,71	A				47	34	19	FRANCO	Lote 1

Análisis	Al <sup>3+</sup>	Al <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	C.E. *	N. Total*	N-NO3 <sup>-</sup>	K H2O*	P H2O*	Cl <sup>-</sup>	pH KCl <sup>-</sup>	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	meq/100g	%	%	ppm	meq/100g	ppm	ppm		

## Anexo 5

### Análisis químico del biol a base de estiércol bovino

MC-LASPA-2201-01

	<b>ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA</b> <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS</b> Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tífs. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 24-0087

<b>NOMBRE DEL CLIENTE:</b> Suquillo Simbaña Jovanny Gabriel	<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b> 22/03/2024	
<b>PETICIONARIO:</b> Suquillo Simbaña Jovanny Gabriel	<b>HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b> 11:34	
<b>EMPRESA/INSTITUCIÓN:</b> Suquillo Simbaña Jovanny Gabriel	<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 25/03/2024	
<b>DIRECCIÓN:</b> Carchi	<b>FECHA DE EMISIÓN:</b> 08/04/2024	
	<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b> Abono 2	

N° muestra	pH	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	B (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	CE (mS/cm)	Na <sup>+</sup> (ppm)	Cl <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	Humedad <sup>*</sup> (%)	Materia orgánica (%)	Carbono orgánico (%)	C/N	Identificación de la muestra
24-0293		0,12	0,03	1,25	0,23	0,07			5,0	<0,5	256,0	30,0									BIOL 1

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

## **Anexo 6**

*Fotografía de colocación de estacas en el lote*



**Anexo 7**

*Fotografía de la siembra de semilla*

**Anexo**

**Fotografía de la siembra de semilla**

7



## **Anexo 8**

*Fotografía de medición del porcentaje de germinación*



## **Anexo 9**

**Fotografía de toma de altura a los 30 días**



## **Anexo 10**

*Fotografía de curación de papas contra lanchar*



## **Anexo 11**

*Fotografía de productos para control fitosanitario de la papa en etapa de engrose*



## **Anexo 12**

*Fotografía sobre el peso del follaje y raíz más tubérculos*



### Anexo 13

*Fotografía de la cosecha del ensayo experimental*



### Anexo 14

*Fotografía del peso de papas por categoría (primera, segunda y tercera)*

