

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: **“Producción de papa (*Solanum phureja*) bajo manejo químico y orgánico en el centro experimental San Francisco. ”**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniero en Agropecuaria

AUTOR: Yar Gramal Dennis Fernando

TUTOR: Ing. Mora Quilismal Segundo Ramiro, PhD.

Tulcán, 2026

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Yar Gramal Dennis Fernando con el número de cédula 0402005227 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Producción de papa (*Solanum phureja*) bajo manejo químico y orgánico en el centro experimental San Francisco"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



Ing. Mora Quilismal Segundo Ramiro, PhD.

TUTOR

Tulcán, septiembre de 2026

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Yar Gramal Dennis Fernando con cédula de identidad número 0402005227 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'Y' and 'G' followed by 'Dennis Fernando', written over a horizontal line.

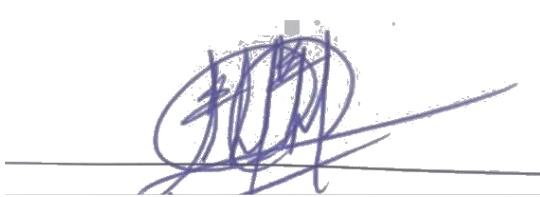
Yar Gramal Dennis Fernando

AUTOR

Tulcán, septiembre de 2026

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Yar Gramal Dennis Fernando declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Producción de papa (*Solanum phureja*) bajo manejo químico y orgánico en el centro experimental San Francisco" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'Y' and 'G' followed by a long horizontal stroke, positioned above a horizontal line.

Yar Gramal Dennis Fernando

AUTOR

Tulcán, septiembre de 2026

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por ser mi ejemplo de esfuerzo, sacrificio y perseverancia. Gracias por cada enseñanza y por construir las oportunidades que hicieron posible este logro. Este triunfo también es de ustedes.

A mi familia, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y por acompañarme en cada etapa de este camino.

A los docentes de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, y a quienes contribuyeron con su orientación y conocimientos para el desarrollo de esta investigación.

A todas las personas que formaron parte de este proceso de aprendizaje y crecimiento personal. Gracias por su constante motivación.

DEDICATORIA

A mis padres,

Quienes han sido la fuerza principal y el pilar fundamental que me sostuvo a lo largo de toda mi vida. No existen palabras suficientes para agradecer cada sacrificio realizado en silencio, cada esfuerzo incansable que hicieron sin esperar nada a cambio y cada oportunidad que construyeron para que yo pudiera convertirme en la persona que soy hoy.

Gracias por transmitirme, a través de su ejemplo diario, el verdadero valor del trabajo duro, la perseverancia y la humildad. Este logro es el resultado de años de dedicación y lucha constante, pero, sobre todo, es el reflejo directo del amor incondicional, la paciencia y la confianza absoluta que siempre depositaron en mí.

Hoy culmino una de las metas más importantes de mi vida, y soy consciente de que este camino no habría sido el mismo sin su presencia. Por eso, dedico este triunfo a ustedes: porque cada página de este trabajo lleva impregnada una parte de su entrega, de su cariño y del esfuerzo compartido que nos trajo hasta aquí.

ÍNDICE

RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN	14
I. EL PROBLEMA	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.3. JUSTIFICACIÓN	19
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	21
1.4.1. Objetivo General	21
1.4.2. Objetivos Específicos	21
1.4.3. Preguntas de Investigación	21
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.2. MARCO TEÓRICO.....	25
2.2.1. Origen del cultivo de papa	25
2.2.2. Taxonomía del cultivo	26
2.2.3. Morfología de <i>Solanum phureja</i> (Chaucha amarilla)	26
2.2.4. Requerimiento edafoclimático	28
2.2.5. Papas nativas	28
2.2.5.1. Papa variedad Chaucha amarilla	29
2.2.6. Fertilizantes, abonos orgánicos edáficos y bioestimulantes	30
2.2.6.1. Compost	31
2.2.6.2. Fertilizantes edáficos	31
2.2.6.3. Biol bovino.....	32

2.2.6.4. Fertilizante foliar Basfoliar Kelp	33
III. METODOLOGÍA	34
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	34
3.1.1. Enfoque	34
3.1.2. Tipo de Investigación	34
3.2. HIPÓTESIS	34
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	34
3.3.1. Definición de las variables	34
3.3.2. Operacionalización de las variables	36
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	38
3.4.1. Área de estudio	38
3.4.2. Tratamientos del diseño experimental.....	38
3.4.3. Características del diseño experimental	39
3.4.4. Distribución y características del experimento	39
3.4.5. Población y muestra de la investigación	40
3.4.6. Procedimientos	41
3.4.7. Variables evaluadas.....	42
3.4.7.1. Altura de planta	42
3.4.7.2. Diámetro del tallo.....	42
3.4.7.3. Número de tallos	42
3.4.7.4. Número de tubérculos.....	42
3.4.7.5. Clasificación por categorías	42
3.4.7.6. Rendimiento.....	43
3.4.7.7. Análisis costo - beneficio	43
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44

4.1. RESULTADOS	44
4.1.1. Altura de planta.....	44
4.1.2. Diámetro de tallo.....	45
4.1.3. Número de tallos.....	47
4.1.4. Número de tubérculos	48
4.1.5. Peso de tubérculo por categoría.....	50
4.1.6. Rendimiento	51
4.1.7. Análisis costo - beneficio.....	54
4.2. DISCUSIÓN.....	57
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1. CONCLUSIONES	59
5.2. RECOMENDACIONES	59
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
VII. ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del cultivo de papa nativa.....	26
Tabla 2. Composición nutricional típica del compost (Bio compost)	31
Tabla 3. Composición nutricional de los fertilizantes edáficos empleados en el experimento	32
Tabla 4. Composición nutricional del Biol elaborado en la UPEC.....	33
Tabla 5. Composición del fertilizante foliar Basfoliar Kelp	33
Tabla 6. Operacionalización de variables	36
Tabla 7. Tratamientos	39
Tabla 8. Características del experimento.....	39
Tabla 9. Análisis de varianza para la altura de planta (30, 45, 60, 75 y 90 días)	44
Tabla 10. Prueba de Duncan al 5% para la altura de planta (30, 45, 60, 75 y 90 días)	45
Tabla 11. Análisis de varianza para el diámetro de tallo (30, 45, 60, 75 y 90 días)	46
Tabla 12. Prueba de Duncan al 5% para el diámetro de tallo, Factor Tipo de fertilización y bioestimulante (30, 45, 60, 75 y 90 días)	47
Tabla 13. Análisis de varianza para el número de tallos (30, 45, 60, 75 y 90 días)	47
Tabla 14. Prueba de Duncan al 5% para el número de tallos, Factor tipo de fertilización (30, 45, 60, 75 y 90 días)	48
Tabla 15. Análisis de varianza para el número de tubérculos por categorías	49
Tabla 16. Prueba de Duncan al 5% para el número de tubérculos, Factor tipo de fertilización (30, 45, 60, 75 y 90 días)	50
Tabla 17. Análisis de varianza para el peso de tubérculo por categoría	50
Tabla 18. Prueba de Duncan al 5% para el peso de tubérculo, Factor tipo de fertilización y tipo de bioestimulante	51
Tabla 19. Análisis de varianza para el rendimiento del cultivo	52
Tabla 20. Prueba de Duncan al 5% para el rendimiento del cultivo por hectárea, Factor tipo de fertilización y tipo de bioestimulante	53
Tabla 21. Prueba de Duncan al 5% para el rendimiento del cultivo por hectárea	54
Tabla 22. Análisis costo/beneficio para el cultivo de papa amarilla	56
Tabla 23. Costos de producción del mejor tratamiento de la investigación ..	68
Tabla 24. Verificación de supuestos: Normalidad y homogeneidad de varianzas.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variedad de papa Chaucha amarilla.....	30
Figura 2. Ubicación del experimento.....	38
Figura 3. Distribución del ensayo	40
Figura 4. Parcela neta	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC	65
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas.....	66
Anexo 3. Costos de producción del mejor tratamiento de la investigación...	68
Anexo 4. Análisis de suelo del sitio del experimento	69
Anexo 5. Análisis de biol bovino UPEC	70
Anexo 6. Verificación de supuestos: Normalidad y Homogeneidad de varianzas.....	71
Anexo 7. Script para realizar el análisis estadístico en R Studio de un DBCA con arreglo factorial	72

RESUMEN

La agricultura contemporánea enfrenta retos significativos en términos de sostenibilidad, productividad y adaptación a condiciones ambientales cambiantes. En este escenario, los bioestimulantes se han posicionado como una alternativa eficaz para mejorar el crecimiento y rendimiento de los cultivos de manera más sostenible. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de los bioestimulantes en el desarrollo fenológico, el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de papa (*Solanum phureja*), específicamente en la variedad nativa Chaucha Amarilla. Se analizaron combinaciones de Biol y Basfoliar junto con fertilización química y orgánica. El tratamiento T6, que integró fertilización química, compost y Basfoliar, mostró los mejores resultados: una altura promedio de 65,34 cm, un diámetro de tallo de 7,57 mm y un promedio de 10,5 tallos por planta a los 90 días. Además, este tratamiento alcanzó el mayor rendimiento (19.953,34 kg/ha) y la mayor rentabilidad económica, con un retorno de 0,88 USD por cada dólar invertido, consolidándose como la opción más eficiente y rentable. Estos resultados evidencian que la combinación de fertilización química y orgánica con bioestimulantes como Basfoliar no solo mejora el desarrollo fenológico y el rendimiento del cultivo, sino que también incrementa su viabilidad económica. La investigación aporta al desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles, orientadas a optimizar la productividad y reducir el impacto ambiental, ofreciendo soluciones innovadoras frente a los desafíos actuales en la producción de cultivos.

Palabras Claves: Bioestimulantes, Fertilización edáfica, Compost, Rendimiento agrícola

ABSTRACT

Modern agriculture faces significant challenges in terms of sustainability, productivity, and adaptation to changing environmental conditions. In this context, biostimulants have emerged as an effective alternative for improving crop growth and yield in a more sustainable manner. The objective of this research was to evaluate the effect of biostimulants on the phenological development, yield, and profitability of potato (*Solanum phureja*), specifically the native Chaucha Amarilla variety. Combinations of Biol and Basfoliar were evaluated together with chemical and organic fertilization. Treatment T6, which combined chemical fertilization, compost, and Basfoliar, showed the best results, achieving an average plant height of 65.34 cm, a stem diameter of 7.57 mm, and an average of 10.5 stems per plant at 90 days after planting. Furthermore, this treatment achieved the highest yield (19,953.34 kg/ha) and the greatest economic profitability, with a return of USD 0.88 for every dollar invested, making it the most efficient and profitable option. These results demonstrate that the combination of chemical and organic fertilization with biostimulants such as Basfoliar not only improves the phenological development and yield of the crop but also enhances its economic viability. This research contributes to the development of sustainable agricultural practices aimed at optimizing productivity and reducing environmental impact, offering innovative solutions to current challenges in crop production.

Keywords: Biostimulants, Soil fertilization, Compost, Agricultural yield.

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola a nivel mundial enfrenta desafíos cada vez más complejos debido al uso intensivo de agroquímicos, una práctica comúnmente empleada para aumentar la productividad y controlar plagas. No obstante, esta dependencia ha generado impactos ambientales y sanitarios significativos, deteriorando la calidad del suelo, reduciendo la biodiversidad y comprometiendo la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Castillo et al., 2020). En el contexto ecuatoriano, esta problemática se ve agravada por el predominio del monocultivo, particularmente en el cultivo de papa, donde las variedades comerciales han desplazado progresivamente a las nativas, confinándolas a zonas marginales y limitando su acceso a los mercados.

La variedad chaucha amarilla (*Solanum phureja*), una papa nativa de alto valor nutricional y culinario ha sido históricamente subvalorada a pesar de sus cualidades. Su bajo rendimiento y el tamaño reducido de sus tubérculos han limitado su competitividad frente a variedades mejoradas como Superchola, Única y Fripapa, que actualmente dominan el mercado nacional (SIPA, 2022). Esta situación ha contribuido a una preocupante erosión genética y a la pérdida de diversidad agrícola, afectando tanto la seguridad alimentaria como la identidad cultural de las comunidades rurales (Monteros et al., 2005). Estudios sobre la variabilidad genética de las papas andinas han demostrado que especies como *S. phureja* conservan una riqueza genética considerable, aún no aprovechada plenamente en los sistemas de producción modernos (Quiros et al., 1990).

A nivel nacional, el cultivo de papa constituye un pilar estratégico para la economía rural, la seguridad alimentaria y el tejido social del Ecuador. En 2023, se sembraron aproximadamente 19.836 hectáreas, con una producción total de 262.038 toneladas métricas y un rendimiento promedio de 13,21 toneladas por hectárea (t/ha). La provincia del Carchi destacó por su alta productividad, alcanzando un rendimiento promedio de 21,7 t/ha en 5.113 hectáreas cosechadas, lo que evidencia su potencial agrícola y la experiencia de sus productores. Esta región, junto con otras como Tungurahua, Cotopaxi y Chimborazo, forma parte del corazón agrícola del país, donde el cultivo de papa no solo representa una fuente de ingresos, sino también una tradición intergeneracional y un símbolo de identidad rural (ESPAC, 2023). Sin embargo, el sector enfrenta desafíos persistentes como la erosión del suelo, el

aumento en los costos de fertilizantes, la presión de enfermedades como el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y la costra negra (*Rhizoctonia solani*), así como la limitada adopción de tecnologías sostenibles. Estos factores continúan afectando la rentabilidad y resiliencia del cultivo.

En este contexto, los abonos orgánicos como el compost y los bioestimulantes naturales, entre ellos el biol, se perfilan como alternativas sostenibles y eficaces para optimizar la productividad agrícola. Estos insumos, elaborados a partir de materiales orgánicos como extractos de algas, aminoácidos, vitaminas y microorganismos benéficos, actúan directamente sobre los procesos fisiológicos de las plantas. Su aplicación favorece un crecimiento más vigoroso, mejora la tolerancia frente a condiciones de estrés abiótico (como sequías o salinidad) y biótico (como plagas y enfermedades), y potencia la eficiencia en la absorción de nutrientes (Lara, 2009; Fertilizar, 2022).

Además, el uso de estos productos contribuye significativamente a la conservación de la fertilidad del suelo y a la mitigación del impacto ambiental, al reducir la dependencia de fertilizantes y pesticidas sintéticos. Esta transición hacia prácticas más ecológicas no solo mejora la salud del agroecosistema, sino que también responde a las crecientes demandas de los mercados por una agricultura más responsable y resiliente.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del compost combinado con biol sobre el rendimiento y el desarrollo fenológico de la variedad de papa *Chaucha Amarilla*, en el Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC). Para ello, se aplicaron tratamientos que incluyeron biol por vía foliar y compost al nivel del suelo, en combinación con fertilizantes químicos (18-46-0 y 8-20-20), con el fin de identificar las combinaciones más eficaces. Los resultados demostraron que el tratamiento más eficiente fue aquel que integró compost y fertilizante químico en el suelo, junto con la aplicación foliar de biol. Esta combinación alcanzó el mayor rendimiento (19.953,34 kg/ha), el ingreso bruto más alto (7.738,21 USD) y una destacada relación beneficio/costo de 1,88.

Estos hallazgos son relevantes para optimizar las prácticas agrícolas, mejorar la productividad y promover la sostenibilidad en los sistemas de producción de papa nativa. Además, la investigación contribuye al conocimiento sobre el uso de

bioinsumos, fomentando alternativas ecológicas que fortalecen la economía rural y reducen el impacto ambiental de la agricultura convencional.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La agricultura a nivel mundial enfrenta crecientes desafíos relacionados con el uso intensivo de productos químicos, especialmente plaguicidas, empleados para mejorar el rendimiento de los cultivos y controlar plagas. Si bien estos insumos han contribuido significativamente al aumento de la productividad agrícola, su uso indiscriminado ha generado serias consecuencias ambientales y sanitarias. La creciente demanda de plaguicidas prioriza la eficiencia productiva sin considerar adecuadamente su toxicidad, lo que ha derivado en la contaminación de suelos, cuerpos de agua y aire debido a residuos químicos persistentes (Castillo et al., 2020).

Durante décadas, los países en desarrollo han dependido de los plaguicidas como estrategia principal para el control de plagas y la optimización del crecimiento vegetal. Esta tendencia refleja una lógica de maximización de la producción agrícola, muchas veces en detrimento de la sostenibilidad ambiental. Según Kaur et al. (2019), los plaguicidas son sustancias químicas tóxicas o combinaciones de agentes biológicos diseñados para eliminar organismos considerados perjudiciales, como insectos, hongos y roedores. No obstante, su uso extensivo ha generado efectos colaterales negativos, incluyendo la bioacumulación, la resistencia de plagas y riesgos para la salud humana y la biodiversidad (Sharma et al., 2019).

Según la FAO (2022), el uso global de plaguicidas aumentó de 1,69 a 2,66 millones de toneladas entre 1990 y 2020, con un consumo promedio de 1,58 kg/ha y 0,37 kg/persona en las últimas tres décadas. Este incremento refleja una intensificación en su uso para mejorar el rendimiento agrícola, aunque con efectos negativos sobre la biodiversidad del suelo y el ambiente. La acumulación de residuos provoca erosión y deterioro de la biota edáfica (Castillo et al., 2020). El uso de plaguicidas constituye un riesgo para la salud pública mundial. Según la OMS, se estima que 18,2 agricultores por cada 100.000 sufren intoxicaciones, con aproximadamente 168.000 muertes anuales asociadas (Ssemugabo et al., 2017).

El suelo, como recurso natural no renovable, enfrenta un proceso de deterioro acelerado debido a la pérdida de nutrientes esenciales y la acumulación de sustancias tóxicas, lo que afecta directamente su fertilidad, contamina cuerpos de agua y puede provocar el abandono de tierras agrícolas (Perera et al., 2020). Esta degradación se intensifica por prácticas como la agricultura en laderas, el sobrepastoreo, la deforestación y el crecimiento demográfico, que ejercen presión sobre los ecosistemas agrícolas (Thomas et al., 2018). En este contexto, el cultivo de papa, considerado ancestralmente prioritario en Ecuador, ocupa cerca de 66.000 hectáreas cada año. No obstante, su producción intensiva ha contribuido significativamente al desgaste del suelo, siendo el monocultivo una de las principales causas del deterioro ambiental en el país (Pumisacho & Sherwood, 2002).

El uso intensivo de fertilizantes químicos representa un desafío económico para los agricultores debido a su alto costo, lo que incrementa significativamente los gastos de producción. Esta situación se ve agravada por la escasa difusión de alternativas sostenibles como la biofertilización, limitando así el acceso a prácticas más eficientes y ecológicas (Bloomberg, 2022). A pesar de los beneficios del compost como abono orgánico —capaz de mejorar la fertilidad del suelo, reducir la dependencia de insumos sintéticos y contribuir a la sostenibilidad agrícola— su adopción sigue siendo limitada, en parte por la falta de conocimiento técnico, infraestructura adecuada y apoyo institucional para su implementación a gran escala (Azim et al., 2018). En paralelo, el monocultivo de papa en Ecuador ha generado una alarmante erosión genética. Según el Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA), tres variedades mejoradas Superchola (55%), Única (8%) y Fripapa (5%) dominan actualmente la producción nacional, desplazando a las variedades nativas hacia zonas marginales. Aunque estas últimas destacan por su sabor, textura y valor nutricional, enfrentan desventajas comerciales debido a su bajo rendimiento y menor tamaño de tubérculo (SIPA, 2022).

En Ecuador, las variedades de papa nativas han sido progresivamente desplazadas del sistema agrícola dominante, limitándose su cultivo a pequeñas parcelas de subsistencia, lo que refleja su posición marginal frente a las variedades mejoradas. Este fenómeno se debe, en parte, a su bajo rendimiento promedio, estimado en apenas 7 toneladas por hectárea, cifra considerablemente inferior a la de las variedades comerciales modernas (SIPA, 2022). Además, su presencia en los mercados mayoristas de ciudades como Ambato, Quito y Riobamba es escasa, lo

que restringe su acceso a canales de comercialización más amplios (Monteros et al., 2005). Las variedades mejoradas, por el contrario, han sido ampliamente adoptadas gracias a su mayor productividad, adaptabilidad y demanda en la agroindustria, lo que ha contribuido a su expansión en detrimento de las nativas (Araujo et al., 2021). Esta situación plantea desafíos significativos para la conservación de la biodiversidad agrícola y el patrimonio alimentario del país, ya que muchas de estas variedades tradicionales poseen características nutricionales y culturales únicas (Cuesta et al., 2005).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La baja productividad y limitada adopción de prácticas sostenibles en el cultivo de *Solanum phureja* han contribuido a su desplazamiento por variedades mejoradas, lo que evidencia la necesidad de evaluar alternativas de manejo químico y orgánico que mejoren su rendimiento y conservación.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*) constituye uno de los cultivos de mayor importancia socioeconómica en Ecuador, tanto por su papel en la seguridad alimentaria como por su contribución al empleo rural y a los ingresos familiares. Según datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), en 2023 se sembraron 19.836 hectáreas, con una producción nacional de 262.038 toneladas métricas y un rendimiento promedio de 13,21 toneladas por hectárea. No obstante, en la provincia del Carchi una de las principales zonas productoras del país se alcanzó un rendimiento superior, con 21,7 toneladas por hectárea en 5.113 hectáreas cosechadas (ESPAC, 2023).

Este cultivo sustenta a aproximadamente 88.130 agricultores y genera alrededor de 3,5 millones de jornales anuales, lo cual beneficia de manera directa o indirecta a unas 250.000 personas, con ingresos estimados en 70 millones de dólares anuales, consolidándose, así como un eje fundamental del desarrollo agrícola y de la economía campesina (ESPAC, 2023). En concordancia, autores como Devaux et al. (2021) y FAO (2008) destacan que la papa es un cultivo estratégico en los Andes por su alto valor nutricional, su adaptabilidad a condiciones agroecológicas diversas y su potencial para reducir la pobreza rural.

En el contexto ecuatoriano, las papas nativas poseen un alto valor estratégico tanto para la investigación científica como para la agricultura tradicional, debido a su

relevancia como recursos fitogenéticos fundamentales. Estas variedades son clave en programas de mejoramiento genético orientados a desarrollar cultivares con mayor adaptabilidad agroclimática, resistencia a enfermedades y productividad mejorada (Monteros, 2018). Si bien en décadas pasadas fueron marginadas en los mercados urbanos, en la actualidad han recobrado protagonismo al ser incorporadas en la gastronomía gourmet a nivel internacional. Su diversidad de formas, colores y sabores ha favorecido su transformación en productos diferenciados de alto valor agregado, tales como chips multicolores, bebidas destiladas y hortalizas tipo "delicatessen".

En este sentido, el Centro Internacional de la Papa (CIP) subraya el potencial de las papas nativas para consolidarse como cultivos comerciales con valor añadido, promoviendo su inclusión en cadenas agroindustriales, su procesamiento especializado y su acceso a mercados urbanos y de exportación (Devaux et al., 2021).

El uso de bioestimulantes en la agricultura ha demostrado ser una estrategia eficaz para mejorar la capacidad de los cultivos frente al estrés abiótico, al reducir las pérdidas en rendimiento y calidad mediante la optimización del uso energético. Estos productos generan respuestas fisiológicas rápidas, promoviendo un desarrollo vigoroso de las plantas, lo que permite acortar los ciclos de producción, facilitar la oferta en condiciones climáticas adversas, mantener precios competitivos y reducir costos de producción (Samudio, 2020). Además, los bioestimulantes son especialmente útiles para mitigar el estrés hídrico y potenciar el crecimiento vegetal en escenarios de alta demanda energética (Céspedes, 2020).

En este contexto, el compost se posiciona como un abono orgánico fundamental dentro del manejo sostenible de cultivos. Su aplicación mejora la estructura del suelo, incrementa la retención de humedad y estimula la actividad microbiana, lo que favorece la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas (FAO, 2021). Al ser elaborado a partir de residuos vegetales y animales, el compost no solo reduce la dependencia de fertilizantes sintéticos, sino que también contribuye a la regeneración del suelo y a la resiliencia de los cultivos frente a condiciones adversas (MAG, 2022).

La presente investigación tuvo como objetivo analizar la influencia del uso de abonos orgánicos, como el compost, en combinación con bioestimulantes como el biol, sobre el rendimiento de la variedad de papa chaucha amarilla (*Solanum phureja*). A

través de este estudio, se busca generar información valiosa que permita a los agricultores adoptar estas alternativas sostenibles, con el fin de mejorar la productividad del cultivo y, en consecuencia, fortalecer la economía de los productores.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la producción de papa (*Solanum phureja*) bajo manejo químico y orgánico en el centro experimental San Francisco UPEC.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar la influencia del manejo químico y orgánico en el desarrollo fenológico del cultivo de papa variedad nativa chaucha amarilla (*Solanum phureja*).
- Determinar la influencia del manejo químico y orgánico en el rendimiento del cultivo de papa variedad nativa chaucha amarilla (*Solanum phureja*).
- Realizar un análisis económico para establecer la relación costo beneficio de los tratamientos.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cómo influye el manejo químico y orgánico en el desarrollo fenológico del cultivo de papa variedad nativa chaucha amarilla (*Solanum phureja*)?
- ¿Qué efecto tiene el manejo químico y orgánico sobre el rendimiento del cultivo de papa variedad nativa chaucha amarilla (*Solanum phureja*)?
- ¿Cuál es la relación costo-beneficio de los tratamientos con manejo químico y orgánico aplicados al cultivo de papa variedad chaucha amarilla?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Muñoz y Lucero (2008), evaluaron el rendimiento de *S. phureja* con la aplicación de fertilizante químico 13-26-6 en dosis de 0, 600, 900 y 1.200 kg/ha-1 y abono orgánico en dosis de 0, 800, 1.000 y 1.200 kg/ha-1, para lo cual se estableció un ensayo en la vereda Villa Nueva, municipio de Providencia (Nariño, Colombia). Los resultados mostraron que la fertilización conjunta de abono químico 13-26-6 y abono orgánico en dosis de 300-800 kg/ha-1 dieron los mayores rendimientos de *S. phureja* de primera y total, con 6.366,7 y 13.888,9 kg/ha-1, respectivamente. Además, se encontró que para el cultivo de papa criolla las cantidades adecuadas de abono orgánico están entre 800 y 1.200 kg/ha-1 y la mejor dosis de fertilizante químico fue la de 300 kg/ha-1. En la localidad evaluada los resultados mostraron que el cultivo de *S. phureja* reaccionó favorablemente en cuanto a rendimiento con dosis altas de abono orgánico; pero la dosis 900 kg/ha-1 de fertilizante químico 13-26-6 no incrementó la producción, tal vez porque las mayores cantidades de nitrógeno inciden en un desarrollo excesivo de follaje y no de tubérculos. El análisis económico demostró que el tratamiento 300/800 kg/ha-1 de fertilizante químico y abono orgánico fue el que tuvo la mayor relación beneficio-costeo.

Lema (2021), evaluó la producción de papa (*Solanum tuberosum*) variedad chaucha mediante la aplicación de tres fuentes de fertilizantes orgánicos: Biocompost, Eco Abonaza y Caballaza, en tres dosis diferentes (75 %, 100 % y 125 %). Las variables analizadas fueron: porcentaje de germinación, crecimiento, floración y producción. La investigación se llevó a cabo en un área total de 210 m², distribuida en 30 parcelas de 2 × 2 m, con caminos de 1 m de ancho y una separación entre repeticiones de 0,50 m. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones, incluyendo un tratamiento control. La variedad utilizada fue "papa chaucha".

Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas en el porcentaje de germinación a los 14 y 21 días después de la siembra (dds). En cuanto a la altura de planta, la dosis del 75 % de abonos orgánicos alcanzó un promedio de 24,94 cm a los 70 dds. En la variable floración, el fertilizante Eco Abonaza logró un 97 % de floración con las tres dosis aplicadas. Respecto al número de tubérculos por planta, el tratamiento con Eco Abonaza al 75 % obtuvo un promedio de 28,87 tubérculos. Finalmente, en cuanto al rendimiento por metro cuadrado, no se observaron diferencias significativas, alcanzando un promedio de 0,13 kg/m².

Valerio y Medina (2024) evaluaron el efecto de dos bioestimulantes líquidos sobre el rendimiento del cultivo de zanahoria (*Daucus carota*), mediante un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) conformado por cuatro bloques, tres tratamientos y un testigo. Los tratamientos consistieron en: T0 (testigo sin aplicación), T1 (Biol 2 L/cil.), T2 (extracto de algas marinas 1 L/cil.) y T3 (Biol 1 L/cil. + extracto de algas marinas 0,5 L/cil.). Se evaluaron variables como el peso, el diámetro y la longitud de las raíces. Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento total, el tratamiento T2, basado únicamente en extracto de algas marinas, presentó los mejores resultados en todos los parámetros analizados, alcanzando un rendimiento promedio de 2,02 kg por metro lineal (equivalente a 45,34 t/ha), un diámetro promedio de 3,97 cm y una longitud de 15,1 cm. Estos resultados sugieren que el uso de extracto de algas marinas podría ser una alternativa prometedora para mejorar la productividad y calidad del cultivo de zanahoria en sistemas agrícolas sostenibles.

Mora et al. (2021), analizaron diversas estrategias de fertilización para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) de la variedad Superchola, utilizando biol de producción local, microorganismos solubilizadores de fósforo y extractos de algas. El experimento se llevó a cabo en campo abierto, bajo un diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con siete tratamientos y cuatro repeticiones, totalizando 28 unidades experimentales. Cada unidad incluyó 30 plantas, de las cuales se seleccionaron seis, conformando una muestra total de 168 plantas. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de emergencia, altura de planta, diámetro del tallo, número de tallos, rendimiento por planta y relación costo-beneficio (C/B). Las alternativas de fertilización se combinaron con diferentes fracciones de fertilización fosfórica (NPK) utilizadas en la región, lo que permitió comparar tanto la producción como los costos asociados al cultivo. El tratamiento T2 (100% NPK +

Fosfotric) obtuvo el mejor rendimiento, con 2,29 kg de tubérculos por planta y un promedio de 12,88 tubérculos de primera categoría por planta. Los resultados evidenciaron la eficacia de las alternativas de biofertilización, atribuida a la interacción sinérgica entre el NPK y los microorganismos solubilizadores de fósforo, que favorecen una mejor absorción de nutrientes del suelo. Esta combinación permitió reducir los costos de producción y mantener una rentabilidad adecuada para los agricultores de la región. Según el análisis económico, el tratamiento T2 fue el más rentable, con una relación C/B de -0,11 USD, superando al tratamiento testigo T1 (100% NPK), que presentó una utilidad de -0,20 USD.

Luna et al. (2016), analizaron la fertilización como un factor clave en el manejo del cultivo de papa, al ser determinante para lograr una nutrición adecuada y alcanzar altos rendimientos comerciales por unidad de superficie. El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta agronómica de dos variedades de papa frente a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. La investigación se llevó a cabo en la hacienda San Isidro, parroquia Mulaló, provincia de Cotopaxi. Se aplicaron abonos orgánicos en dos momentos (0 y 60 días), utilizando gallinaza (2,50 t/ha), estiércol bovino (10 t/ha) y humus de lombriz (0,70 t/ha). Asimismo, se emplearon fertilizantes químicos 10-30-10 y 15-15-15 (NPK) en dosis de 0,38 t/ha cada uno, aplicados a los 0, 60 y 90 días. El diseño experimental fue de Bloques Completos al Azar (DBCA), con un arreglo factorial 2×3×2, más dos tratamientos testigo y tres repeticiones. Se evaluaron variables como altura de planta, diámetro de tubérculos, número y peso de tubérculos por planta, y rendimiento por parcela. Los resultados mostraron un comportamiento similar entre los tratamientos, concluyéndose que el cultivo de papa responde positivamente tanto a la aplicación de abonos orgánicos como a su combinación con fertilizantes químicos. Esta interacción representa una alternativa viable para reducir el uso exclusivo de fertilizantes sintéticos, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles.

Suquillo (2025), evaluó el efecto del biol y las algas marinas, aplicados al suelo y al follaje, sobre la producción de papa variedad Superchola en Cristóbal Colón, Montúfar (Carchi), utilizando un Diseño de Bloques Completamente al Azar con siete tratamientos. Se analizaron variables agronómicas como porcentaje de emergencia, altura de planta, número de tallos, peso de follaje, peso de raíces y tubérculos, número y peso de tubérculos, y rendimiento total. El análisis estadístico (ANOVA) mostró diferencias significativas únicamente en el rendimiento, destacando el

tratamiento con aplicación foliar de algas marinas (T4), que incrementó el rendimiento en un 59,87%, alcanzando una producción comercial de 32,98 t/ha y una rentabilidad del 110,03%, con una ganancia neta de 7.678,37 USD. Estos resultados evidencian que la aplicación foliar de algas marinas mejora significativamente la productividad del cultivo de papa en las condiciones agroclimáticas de la zona, representando una alternativa viable y sostenible frente al uso de fertilizantes químicos.

Tambo et al. (2016), llevaron a cabo una investigación en la Estación Experimental Choquenaira con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de biol bovino en la producción y calidad del cultivo de cebada durante la época de invierno. Se compararon dos tratamientos: un testigo con aplicación únicamente de agua y un tratamiento con 50 % de biol bovino, utilizando riego complementario por aspersión. La siembra se realizó al voleo el 25 de febrero de 2015. Se evaluaron variables agronómicas como altura de planta, número de macollos, producción de materia verde y seca, así como parámetros bromatológicos del forraje. Los resultados mostraron que el tratamiento con biol bovino superó al testigo en todas las variables: altura de planta (61,42 cm vs. 42,90 cm), número de macollos (9,5 vs. 7,5), materia verde (16,11 t/ha vs. 8,95 t/ha) y materia seca (6,71 t/ha vs. 3,13 t/ha). En cuanto a la calidad del forraje, el tratamiento con biol presentó un mayor contenido de proteína cruda (20,35 g/100 g) frente al testigo (15,37 g/100 g), y un valor energético ligeramente superior (379,99 kcal/100 g vs. 372,86 kcal/100 g), aunque sin diferencias significativas. El contenido de fibra cruda fue similar en ambos tratamientos. Estos resultados evidencian el potencial del biol bovino como alternativa para mejorar la productividad y calidad del forraje en cultivos de cebada.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1 Origen del cultivo de papa

La papa (*Solanum tuberosum*), originaria de Sudamérica, fue domesticada hace entre 7.000 y 10.000 años en la región andina del lago Titicaca, en la zona que actualmente comparten Perú y Bolivia. Este tubérculo fue un alimento esencial para las civilizaciones precolombinas, como los pueblos quechuas y aymaras, quienes desarrollaron sofisticadas técnicas agrícolas para su cultivo y conservación, como los andenes y los sistemas de almacenamiento en forma de chuño (Díaz, 2008).

Desde su centro de origen, el cultivo de la papa se expandió a lo largo de la cordillera de los Andes, desde el sur de Colombia hasta el centro de Chile, adaptándose a diversos pisos altitudinales y condiciones climáticas. Posteriormente, tras la colonización europea, fue introducida en Europa en el siglo XVI, desde donde se difundió a nivel global, convirtiéndose en uno de los cultivos alimentarios más importantes del mundo (Sahair et al., 2018).

En países como Colombia y Ecuador, se han encontrado evidencias arqueológicas que indican la presencia de la papa desde aproximadamente el año 500 a. C., lo que confirma su papel fundamental en la dieta de las poblaciones andinas desde tiempos antiguos. Dentro de la gran diversidad genética de la papa, destaca la variedad nativa chaucha amarilla, perteneciente al grupo *Solanum phureja*, también originaria de los Andes. Esta variedad ha sido parte esencial de la alimentación tradicional andina, valorada por su sabor, textura y adaptabilidad a las condiciones agroecológicas de la región (Morales, 2016; Castillo et al., 2021).

La papa (*Solanum tuberosum*) es reconocida como el tercer alimento básico más consumido a nivel mundial, solo superado por el arroz y el trigo. Se calcula que aproximadamente 1.4 millones de personas la incluyen regularmente en su dieta, con un consumo anual cercano a los 50 kilogramos por persona. A nivel global, la producción total de papa supera los 3,000 millones de toneladas. Esta planta pertenece a la familia de las solanáceas, un grupo de plantas con flores (Centro Internacional de la Papa, CIP, 2017).

2.2.2 Taxonomía del cultivo

Tabla 1. Taxonomía del cultivo de papa nativa

Categoría	Nombre
Reino:	Plantae
División:	Magoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanácea
Género:	Solanum
Especie:	Phureja

Fuente: (Morales, 2016)

2.2.3 Morfología de *Solanum phureja* (Chaucha amarilla)

Solanum phureja, una de las especies cultivadas del complejo andino de la papa, se caracteriza por su ciclo vegetativo corto, su adaptación a altitudes medias (2.000–

3.000 m s.n.m.) y su excelente calidad culinaria. Esta variedad, ampliamente cultivada en Ecuador, Colombia y Perú, presenta una morfología distintiva que la diferencia de otras especies del grupo *Solanum tuberosum* (Bradshaw & Ramsay, 2009).

La planta es herbácea, dicotiledónea y de porte bajo a semierguído, con tallos delgados, verdes o ligeramente morados, que rara vez superan los 0,8 metros de altura. A diferencia de otras especies, *S. phureja* no entra en dormancia, lo que permite su cultivo continuo en climas templados de montaña (Ñústez et al., 2020).

Estructuras morfológicas:

- Raíces: Presenta un sistema radicular fibroso, con raíces adventicias que emergen de los nudos subterráneos. Estas raíces son esenciales para la absorción de nutrientes y el anclaje de la planta (Pumisacho & Sherwood, 2002).
- Tallos: Son delgados, angulosos y huecos en su interior. En plantas derivadas de tubérculos, se desarrollan múltiples tallos principales. Los estolones, más cortos que en otras especies, dan origen a los tubérculos (Ñústez et al., 2020).
- Tubérculos: De tamaño pequeño a mediano, forma redondeada o ligeramente oblonga, piel delgada y coloración amarilla intensa. Su textura es suave y su contenido de materia seca es relativamente bajo, lo que los hace ideales para cocción rápida y sabor dulce (Cabrera et al., 2023).
- Hojas: Compuestas, pinnadas, con folíolos de bordes enteros o ligeramente ondulados. El follaje es menos denso que en variedades mejoradas, pero eficiente en fotosíntesis. Las hojas jóvenes pueden ser simples y evolucionan a compuestas en la madurez (Pumisacho & Sherwood, 2002).
- Inflorescencia y flores: Las flores son pequeñas, de color blanco o lila claro, con cinco pétalos soldados en forma de estrella. La floración es sensible al fotoperiodo, y la autopolinización es común. *S. phureja* presenta una alta tasa de fertilidad floral, lo que la hace útil en programas de mejoramiento genético (ResearchGate, 2024).
- Fruto y semilla: Produce bayas verdes que contienen numerosas semillas verdaderas. Aunque no se usan en la producción comercial, estas semillas son

valiosas para la conservación de la diversidad genética y la investigación (Bradshaw & Ramsay, 2009).

2.2.4 Requerimiento edafoclimático

La variedad andina *Solanum phureja*, conocida como chaucha amarilla, se adapta principalmente a climas templado-fríos de montaña, con altitudes que oscilan entre los 2.000 y 3.200 m s.n.m., donde las temperaturas medias se mantienen entre 14 y 18 °C. Estas condiciones favorecen el desarrollo óptimo de la planta y la formación de tubérculos de alta calidad. Aunque puede tolerar temperaturas ligeramente superiores, valores por encima de los 22 °C tienden a reducir la formación de tubérculos y afectar negativamente la calidad del cultivo (Ruiz et al., 2013).

El crecimiento de *S. phureja* se ve limitado cuando las temperaturas descienden por debajo de los 6–8 °C, fenómeno conocido como “cero vegetativo”, en el cual la planta detiene su desarrollo fisiológico. Además, esta especie es particularmente sensible al estrés hídrico, el cual puede provocar alteraciones en la morfología foliar, reducción del área fotosintética y disminución del rendimiento (ResearchGate, 2024).

En cuanto a los requerimientos edáficos, *S. phureja* prospera en suelos profundos, bien drenados, con alto contenido de materia orgánica y estructura porosa que facilite la aireación y el desarrollo del sistema radicular. El pH ideal del suelo se sitúa entre 5,5 y 6,5, rango que permite una óptima disponibilidad de nutrientes esenciales como el fósforo, potasio y calcio (Ruiz et al., 2013).

La humedad relativa ideal para el cultivo se encuentra entre el 70 % y el 80 %. Un manejo adecuado del riego es crucial, ya que el exceso de agua puede provocar pudrición de los tubérculos, mientras que la escasez hídrica afecta directamente la formación y el llenado de estos (ResearchGate, 2024).

2.2.5 Papas nativas

En Ecuador, las principales zonas productoras de papa se concentran en las provincias de Carchi, Chimborazo, Tungurahua, Pichincha y Bolívar, las cuales representan aproximadamente el 66.33 % de la superficie total cosechada. La provincia de Carchi destaca como el mayor productor nacional, aportando el 41.27 % de la producción total del país (Cuesta et al., 2022).

Las papas nativas, también conocidas como papas criollas o tradicionales, constituyen un componente esencial de la agrobiodiversidad andina. Estas

variedades, cultivadas principalmente por familias campesinas, no solo forman parte de su dieta diaria, sino que también representan una fuente de ingresos y un patrimonio cultural. Según Monteros y Reinoso (2010), muchas familias conservan entre una y diez variedades nativas, y se estima que entre 18 y 20 de estas se comercializan en mercados locales.

El rendimiento de las papas nativas varía entre 6 y 8 toneladas por hectárea, dependiendo de factores como la variedad, el tamaño y la forma de los tubérculos. Sin embargo, esta producción suele verse limitada por el uso insuficiente de fertilizantes y prácticas de manejo agronómico poco tecnificadas. En contraste, las variedades mejoradas pueden alcanzar rendimientos de entre 12 y 15 toneladas por hectárea (Seminario, 2017).

A pesar de su menor rendimiento, las papas nativas poseen ventajas significativas: son más resistentes a condiciones climáticas adversas, tienen una gran diversidad genética y presentan características organolépticas apreciadas por los consumidores, como sabor, textura y color. Por estas razones, su conservación y promoción son fundamentales para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola en los Andes (Gómez, 2014).

2.2.5.1 Papa variedad Chaucha amarilla

La variedad de papa chaucha amarilla (*Solanum phureja*) es una de las más representativas del grupo Phureja en la región andina, destacándose por su adaptación a altitudes elevadas, su calidad culinaria y su valor cultural. Esta variedad presenta una maduración intermedia, con un ciclo de desarrollo que oscila entre 120 y 149 días, y un contenido de materia seca del 20,1 %, lo que garantiza una buena textura y sabor en la cocción (Cuesta et al., 2022).

El rendimiento promedio por planta es de aproximadamente 1,2 kg, y su período de dormancia es corto, de solo 15 días, lo que permite su cultivo en ciclos continuos. Es ideal para altitudes entre 2.900 y 3.300 m s.n.m., donde muestra una moderada resistencia a enfermedades como la lancha (*Rhizoctonia solani*), común en zonas húmedas de los Andes (Rojas & Seminario, 2014).

Desde el punto de vista agronómico, la chaucha amarilla es valorada por su versatilidad en el consumo: se utiliza tanto en fresco (papa cocida con cáscara, puré, al vapor o asada) como en productos procesados, especialmente papas fritas, gracias a su textura suave y sabor dulce. Gracias a estas características, la chaucha

amarilla se ha consolidado como una variedad apreciada tanto por agricultores como por consumidores, siendo clave en la conservación de la agrobiodiversidad andina y en el desarrollo de mercados locales diferenciados. (Pineda et al., 2021).



Figura 1. Variedad de papa Chaucha amarilla
Fuente: (Cuesta et al., 2022)

2.2.6 Fertilizantes, abonos orgánicos edáficos y bioestimulantes

Un abono orgánico edáfico es un material de origen vegetal, animal o mixto que se incorpora al suelo con el fin de mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, promoviendo la fertilidad natural del ecosistema agrícola. Estos abonos no solo aportan nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, sino que también estimulan la actividad de la biota edáfica, mejorando la estructura del suelo, su capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Además, contribuyen a la sostenibilidad de los agroecosistemas al reducir la dependencia de insumos sintéticos (Orduz et al., 2020).

Un fertilizante edáfico se define como aquel insumo agrícola que se aplica directamente al suelo con el objetivo de mejorar su fertilidad, aportando nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas. Estos fertilizantes actúan sobre la solución del suelo, facilitando la absorción de elementos como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes, fundamentales para los procesos fisiológicos de los cultivos. Su eficacia depende de factores como el tipo de suelo, el pH, la textura y la capacidad de retención de nutrientes (Menjivar et al., 2017).

Los bioestimulantes juegan un papel fundamental en la mejora de los procesos fisiológicos y metabólicos de las plantas, promoviendo el crecimiento de raíces, tallos, hojas, flores y frutos. Estos compuestos también optimizan la fotosíntesis, ayudan a mitigar el impacto de condiciones climáticas adversas, fortalecen el estado

nutricional de los cultivos y regulan el equilibrio hormonal al estimular la producción natural de fitohormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas. Además, gracias a su contenido de aminoácidos de bajo peso molecular, que son fácilmente absorbidos y movilizados, favorecen la síntesis proteica, permitiendo a la planta conservar energía y destinarla al aumento de su productividad (Guerrero, 2016).

2.2.6.1 Compost

El compost es un abono orgánico sólido obtenido mediante la descomposición controlada de residuos orgánicos biodegradables, como restos vegetales, estiércol, residuos de cosecha y otros materiales orgánicos. Este proceso, conocido como compostaje, es llevado a cabo por microorganismos en condiciones aeróbicas, generando un producto estable, higiénico y rico en nutrientes, que mejora la estructura del suelo, incrementa su capacidad de retención de agua y aporta materia orgánica esencial para el desarrollo vegetal. Además, el compost contribuye a la regeneración de suelos degradados y a la reducción de residuos agrícolas y urbanos, siendo una herramienta clave en la agricultura sostenible (Gómez et al., 2013).

El Biocompost de la empresa India es un abono orgánico de alta calidad, ideal para mejorar la fertilidad del suelo y promover el crecimiento saludable de las plantas. Este compost vegetal está enriquecido con microorganismos beneficiosos como *Azospirillum brasilense* y hongos micorrízicos, que optimizan la absorción de nutrientes y fortalecen el sistema radicular de las plantas (Agrolink, 2025).

Tabla 2. Composición nutricional típica del compost (Bio compost)

Elemento / Propiedad	Concentración
Materia orgánica	48.98 %
Nitrógeno total (N)	2.30 %
Fósforo (P ₂ O ₅)	3.32 %
Potasio (K ₂ O)	1.41 %
Calcio (Ca)	2.34 %
Magnesio (Mg)	0.67 %
pH	6.5

Fuente: (Agrolink, 2025)

2.2.6.2 Fertilizantes edáficos

Los fertilizantes edáficos 18-46-0 y 8-20-20 de la empresa FERTISA son formulaciones especializadas que aportan nutrientes esenciales para el desarrollo óptimo de los cultivos. El fertilizante 18-46-0, también conocido como fosfato diamónico (DAP), es

una fuente concentrada de nitrógeno y fósforo, ideal para las etapas iniciales del cultivo, como la siembra y el trasplante, ya que promueve un buen desarrollo radicular y una germinación vigorosa. Por otro lado, el fertilizante 8-20-20 es una mezcla granular que proporciona nitrógeno, fósforo y potasio en proporciones equilibradas, lo que lo hace adecuado para cultivos de ciclo corto y perennes. Este fertilizante estimula la floración, el enraizamiento y el llenado de frutos, además de fortalecer las plantas frente a enfermedades y mejorar el rendimiento general del cultivo (Fertisa, 2025).

Tabla 3. Composición nutricional de los fertilizantes edáficos empleados en el experimento

Elemento	18-46-0	8-20-20
Nitrógeno total (N)	18 %	8 %
Fósforo (P_2O_5)	46 %	20 %
Potasio (K_2O)	0 %	20 %

Fuente: (Fertisa, 2025)

2.2.6.3 Biol bovino

El biol es un fertilizante orgánico líquido obtenido a partir de la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos en un biodigestor. Este producto representa una alternativa sostenible y altamente beneficiosa para mejorar las condiciones del suelo y estimular el desarrollo saludable de las plantas. Su aplicación no solo enriquece el suelo con nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes, sino que también activa la biota edáfica, mejorando la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua (Pozo, 2019).

Además de su valor nutricional, el biol actúa como un fitorregulador natural, gracias a su contenido de fitohormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas. Estas sustancias promueven el vigor del follaje, estimulan la floración y fructificación, y aceleran la maduración de los cultivos. Por ello, el biol se ha consolidado como una herramienta clave en la agricultura orgánica y agroecológica, especialmente en sistemas de producción familiar y de pequeña escala (Palacios, 2023).

Tabla 4. Composición nutricional del Biol elaborado en la UPEC

Nutriente	Concentración % p/v
Nitrógeno (N)	0.0195
Fosforo (F)	0.0062
Azufre (S)	0.0248
Potasio (K)	0.2150
Calcio (Ca)	0.4536
Magnesio (Mg)	0.3530
Zinc (Zn)	0.0003
Cobre (Cu)	0.0001
Hierro (Fe)	0.0428
Manganeso (Mn)	0.0031
Boro (B)	0.0001
pH	6.93
Ce	5,28 mS/cm

Fuente: (Miño, 2023)

2.2.6.4 Fertilizante foliar Basfoliar Kelp

El extracto de alga marina *Ecklonia maxima* se ha consolidado como un biorregulador natural altamente eficaz en la agricultura sostenible. Formulado como un concentrado líquido rico en auxinas de origen natural, este bioestimulante promueve significativamente la formación de raíces, especialmente en etapas tempranas del desarrollo vegetal o tras condiciones de estrés abiótico. Su aplicación mejora la absorción de nutrientes desde el suelo, fortalece el sistema radicular y estimula el crecimiento del follaje, lo que se traduce en un aumento en la producción y calidad de las cosechas (Edifarm, 2016).

Estudios científicos han demostrado que compuestos fenólicos como el eckol y el phloroglucinol, aislados de *Ecklonia maxima*, incrementan la concentración de auxinas endógenas como el ácido indolacético (AIA) en las plantas tratadas, promoviendo el desarrollo de raíces y bulbos, así como la acumulación de compuestos bioactivos. Además, estos extractos han mostrado efectos positivos en la recuperación de cultivos sometidos a estrés, mejorando su vigor y resistencia a enfermedades (Aremu et al., 2015).

Tabla 5. Composición del fertilizante foliar Basfoliar Kelp

Composición	Concentración % p/v
Nitrógeno	0.2
Fosfato P2O5	1.5
Potasio Soluble K2O	0.03

Fuente: (Edifarm, 2016)

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

El enfoque de la investigación fue de carácter cuantitativo, ya que se centró en la recolección y análisis de datos numéricos. Se evaluaron variables como la altura de planta, diámetro del tallo, número de tallos, número y clasificación de tubérculos, rendimiento y análisis costo-beneficio, lo que permitió una interpretación objetiva y medible de los resultados.

3.1.2. Tipo de Investigación

La investigación fue de tipo experimental, dado que se manipularon deliberadamente los factores de estudio para observar su efecto sobre las variables dependientes. Se implementó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con un arreglo factorial $4 \times 3 - 2$, conformado por 10 tratamientos y 4 repeticiones, totalizando 40 unidades experimentales distribuidas aleatoriamente. Cada unidad contó con una parcela neta de 12 plantas. Al finalizar el experimento, se realizó un análisis estadístico con base en los datos recolectados, con el fin de comprobar o refutar la hipótesis planteada.

3.2. HIPÓTESIS

Ho: La aplicación de abonos orgánicos y bioestimulantes no contribuye significativamente al incremento del rendimiento del cultivo de papa, en comparación con el uso exclusivo de fertilizantes químicos.

Ha: La aplicación de abonos orgánicos y bioestimulantes contribuye significativamente al incremento del rendimiento del cultivo de papa, en comparación con el uso exclusivo de fertilizantes químicos.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1. Definición de las variables

Variable Independiente:

- Bioestimulantes: Biol, Basfoliar kelp, sin bioestimulante

- Fertilización edáfica: orgánica (compost), química (18-46-0 y 8-20-20), orgánica + química

Variable dependiente:

- Desarrollo fenológico del cultivo de papa
- Rendimiento del cultivo
- Análisis costo/beneficio

3.3.2. Operacionalización de las variables

Tabla 6. Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicadores	Técnicas	Instrumento
INDEPENDIENTE: Bioestimulantes	Biol	25 % (333 cc / litro). Aplicación a los 15 – 30- 45 – 60 – 75 días después de la siembra	Aplicación foliar	Bomba de fumigar de mochila
	Basfoliar kelp	5 cc / litro de agua Aplicación a los 15 – 45- 75 días después de la siembra		
	Abono orgánico(compost)	(150 g/planta) Frecuencia: Aplicación a los 21 días después de la siembra		
	Fertilización química	18-46-0 (35 g/planta) 8-20-20 (35 g/planta) Frecuencia: Aplicación a los 21 y 42 días después de la siembra	Aplicación manual en corona alrededor de la planta	Balanza
Fertilización edáfica	Fertilización química + abono orgánico	0% (0 g/planta) 75% (52,5 g/planta) (150 g/planta) Frecuencia: Aplicación orgánica a los 21 días después de la siembra Aplicación química a los 21 y 42 días después de la siembra		
	Altura de planta	En cm a los 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la siembra.	Desde la base hasta el ápice del tallo principal	Flexómetro Libreta de campo
	Diámetro de tallo	En mm a los 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la siembra.	Medición en la parte basal del tallo.	Calibrador pie de rey Libreta de campo
	Número de tallos	Número a los 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la siembra.	Conteo manual de cada tallo en las plantas de la parcela neta	Libreta de campo

DEPENDIENTE: Desarrollo fenológico y rendimiento del cultivo	Número de tubérculos	Número al tiempo de cosecha	Conteo manual de tubérculos del total de plantas de la parcela neta	Libreta de campo
	Clasificación por categorías	En g al tiempo de cosecha Cat 1 de 101 a 150 g Cat 2 de 61 a 100 g Cat 3 de 10 a 60 g	Se clasifico y pesó los tubérculos de todas las plantas de la parcela neta	Libreta de campo
	Rendimiento	En kg al tiempo de cosecha	Se pesó los tubérculos de todas las plantas de la unidad experimental	Balanza Libreta de campo
	Costo Beneficio	En USD Después de la cosecha	Se realizó el análisis costo beneficio de cada tratamiento	Computadora

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Área de estudio

La investigación se desarrolló en el Centro Experimental San Francisco, perteneciente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, ubicado en la parroquia de Huaca, Ecuador. Este sitio se encuentra a una altitud de 2.959 m s. n. m. y presenta un clima frío, con una temperatura promedio anual de 10 °C, una precipitación media de 1.100 mm y una humedad relativa del 76 %. Los suelos predominantes en la zona son franco-arenosos y franco-limosos, caracterizados por su buena capacidad de retención de agua y adecuado drenaje, condiciones que los hacen aptos para el cultivo de especies como papa, maíz, fréjol y diversas hortalizas. Además, el relieve ondulado y las pendientes moderadas del terreno favorecen la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, convirtiendo al centro en un espacio idóneo para la investigación agronómica (Peña, 2012).

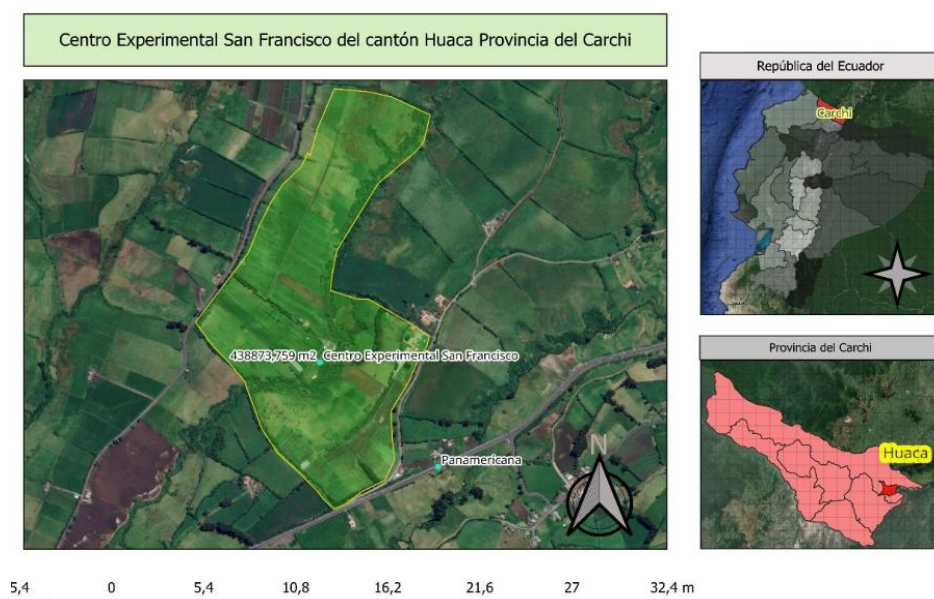


Figura 2. Ubicación del experimento
Fuente: (Peña, 2012)

3.4.2. Tratamientos del diseño experimental

La investigación incluyó un total de 10 tratamientos, definidos por la combinación de dos factores: tipo de fertilización (química, orgánica, combinada y sin fertilización) y tipo de bioestimulante (Biol, Basfoliar Kelp y sin bioestimulante). A continuación, se presenta la descripción detallada:

Tabla 7. Tratamientos

Tratamientos	Factor 1 Fertilización	Factor 2 Bioestimulante	Frecuencia de aplicación
T1	Química (70 g/planta)	Biol (333 cc/l)	Fertilizante químico: 21 y 42 días después de la siembra
T2	Química (70 g/planta)	Basfoliar kelp (5 cc/l)	
T3	Orgánica (150 g/planta)	Biol (333 cc/l)	
T4	Orgánica (150 g/planta)	Basfoliar kelp (5 cc/l)	
T5	Química (70 g/planta) + Orgánica (150 g/planta)	Biol (333 cc/l)	Abono orgánico: en la siembra
T6	Química (70 g/planta) + Orgánica (150 g/planta)	Basfoliar kelp (5 cc/l)	
T7	Química (70 g/planta) + Orgánica (150 g/planta)	Sin bioestimulante	Bioestimulante: 15 – 30– 45 – 60 – 75 días después de la siembra
T8	0% (0 g/planta)	Biol (333 cc/l)	
T9	0% (0 g/planta)	Basfoliar kelp (5 cc/l)	
T10	0% (0 g/planta)	Sin bioestimulante	

3.4.3. Características del diseño experimental

En la investigación se empleó un diseño de bloque completamente al azar con un arreglo factorial 4 x 3 - 2, con 10 tratamientos, 4 repeticiones con un total de 40 unidades experimentales, de las cuales se evaluaron 12 plantas que constituyeron la parcela neta, cada unidad experimental midió 20 m².

Tabla 8. Características del experimento

DBCA con arreglo factorial 4x3	Dimensiones
Tratamientos	10
Repeticiones	4
Unidades experimentales	40
Área unidad experimental	20 m ² (5 m * 4 m)
Área total del experimento	1364 m ²
Distancia entre plantas	0,50 m
Distancia entre surcos	1,0 m
Surcos por unidad experimental	4
Plantas por unidad experimental	40
Plantas por parcela neta	12
Plantas totales del experimento	1600

3.4.4. Distribución y características del experimento

Se empleó un diseño de bloques completamente al azar con un arreglo factorial 4 x 3 - 2. El experimento se desarrolló en una superficie total de 1.364 m², distribuyéndose en 10tratamientos con 4 repeticiones cada uno, lo que resultó en un total de 40 unidades experimentales. Cada parcela tuvo dimensiones de 5 x 4 metros (20 m²), con pasillos de 1 metro entre unidades experimentales y 2 metros entre bloques, lo que facilitó el manejo y la evaluación del ensayo.

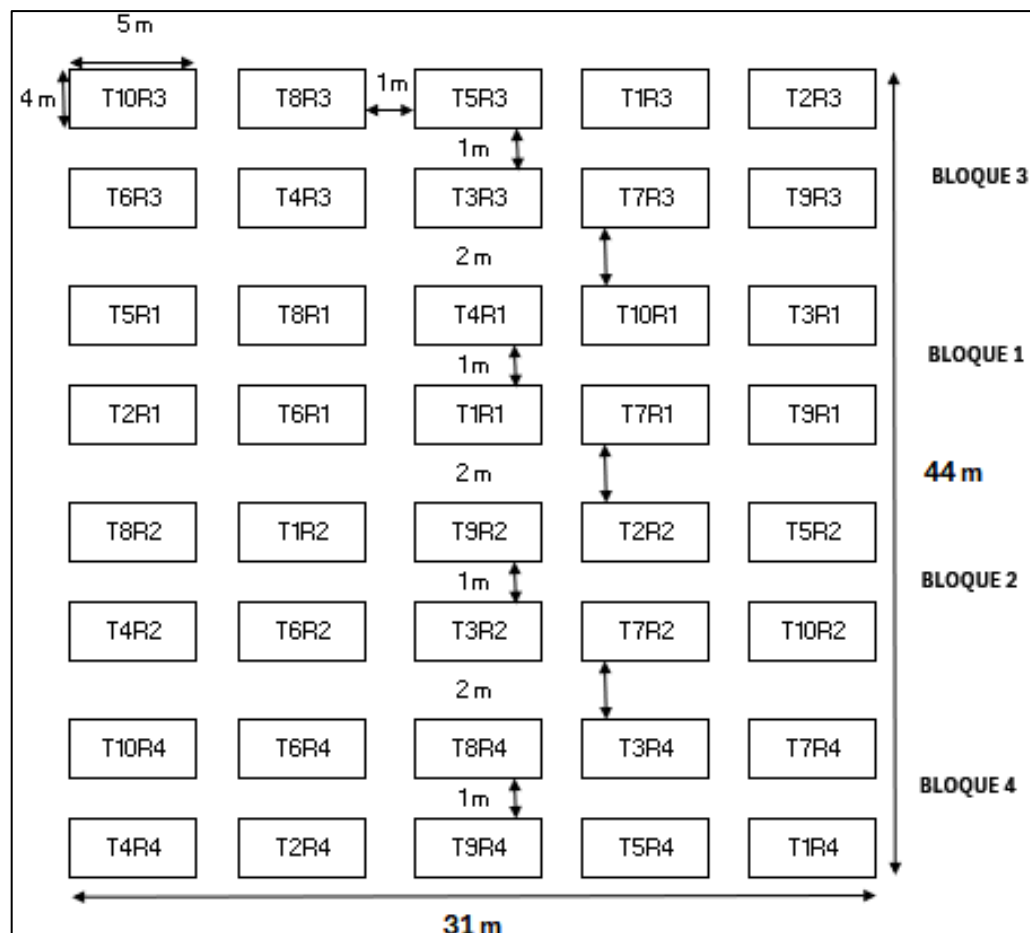


Figura 3. Distribución del ensayo

3.4.5. Población y muestra de la investigación

El diseño que se implementó en el experimento tuvo 40 unidades experimentales, 10 tratamientos y 4 repeticiones, la muestra la constituyo la parcela neta, es decir que de cada unidad experimental se tomó 12 plantas del centro de la unidad experimental para evaluar las diferentes variables de estudio.

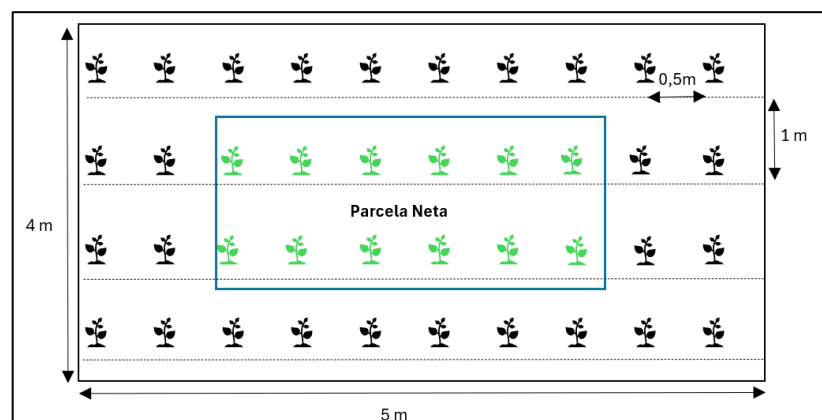


Figura 4. Parcela neta

3.4.6. Procedimientos

1. Análisis de suelo

Se tomó una muestra del suelo del área destinada al experimento, la cual fue enviada al laboratorio LABONORT, ubicado en la ciudad de Ibarra, para realizar un análisis físico-químico. Este procedimiento permitió determinar características fundamentales del suelo, como su textura, estructura, pH y concentración de nutrientes. Con base en los resultados obtenidos, se realizaron los cálculos necesarios para la fertilización edáfica, ajustando las dosis de fertilizantes a las necesidades específicas del cultivo.

2. Preparación del terreno

La preparación del terreno se llevó a cabo utilizando maquinaria agrícola, específicamente arado y rastra. Este proceso permitió obtener un suelo más suelto, uniforme y adecuado para el establecimiento y desarrollo óptimo del cultivo.

3. Trazado

El experimento se llevó a cabo a campo abierto en el Centro Experimental San Francisco, en un lote de 1.364 m². Se establecieron 40 unidades experimentales, distribuidas en 10 tratamientos con 4 repeticiones cada uno. Cada unidad experimental tuvo dimensiones de 5 m × 4 m (20 m²). Para delimitar los tratamientos, se utilizaron estacas y piola, asegurando además pasillos de 1 metro entre unidades experimentales y de 2 metros entre bloques, lo que facilitó el manejo y la movilidad dentro del área de estudio.

4. Siembra

La siembra se realizó colocando una semilla por golpe, respetando un distanciamiento de 0,50 metros entre plantas y 1 metro entre surcos. Posteriormente, las semillas fueron desinfectadas y cubiertas adecuadamente. Para el establecimiento de las 40 unidades experimentales, se utilizaron en total 110 kilogramos de semilla.

5. Fertilización

La aplicación de abono orgánico (compost) se realizó a los 21 días después de la siembra, utilizando 150 gramos por planta. La fertilización edáfica también se efectuó a los 21 días después de la siembra, aplicando 35 gramos por planta del fertilizante 18-46-0. Posteriormente, se llevó a cabo una segunda aplicación a los 42 días, utilizando 35 gramos por planta del fertilizante 8-20-20.

6. Aplicación de bioestimulante

La aplicación foliar comenzó a los 15 días después de la siembra y continuó en intervalos de 30, 45, 60 y 75 días. Las dosis aplicadas en cada unidad experimental se ajustaron de acuerdo con el factor B, que incluyó dos tipos de bioestimulantes: Biol, en una concentración de 333 cc/L, y Basfoliar Kelp, a razón de 5 cc/L.

3.4.7. Variables evaluadas

3.4.7.1. Altura de planta

Se utilizó un flexómetro para medir la altura de las plantas en centímetros, desde la base hasta el ápice del tallo principal. Las mediciones se realizaron cada 15 días, desde los 30 hasta los 90 días después de la siembra, evaluando 12 plantas por tratamiento.

3.4.7.2. Diámetro del tallo

El diámetro del tallo se midió en milímetros utilizando un calibrador tipo pie de rey, tomando como referencia la base del tallo. Las mediciones se efectuaron cada 15 días, entre los días 30 y 90 posteriores a la siembra, en 12 plantas por tratamiento.

3.4.7.3. Número de tallos

Se realizó un conteo manual del número de tallos por planta. Esta evaluación se llevó a cabo cada 15 días, desde los 30 hasta los 90 días después de la siembra, considerando 12 plantas por tratamiento.

3.4.7.4. Número de tubérculos

Se efectuó un conteo manual de los tubérculos recolectados por planta en la parcela neta. Esta medición se realizó el día de la cosecha, permitiendo una evaluación precisa del rendimiento por planta.

3.4.7.5. Clasificación por categorías

Los tubérculos recolectados de la parcela neta fueron clasificados manualmente y pesados en gramos utilizando una balanza. Se establecieron tres categorías:

- Categoría 1: 101–150 g
- Categoría 2: 61–100 g
- Categoría 3: 10–60 g

3.4.7.6. Rendimiento

Se determinó el rendimiento total por unidad experimental, pesando en kilogramos los tubérculos de todas las plantas, agrupados por categoría. Esta evaluación se efectuó el día de la cosecha.

3.4.7.7. Análisis costo - beneficio

Se realizó un análisis económico expresado en dólares estadounidenses (\$), considerando el rendimiento por hectárea. Este análisis incluyó los ingresos generados por la venta del producto y los egresos asociados a cada tratamiento. Los cálculos se efectuaron al finalizar el experimento, proporcionando una estimación precisa de la rentabilidad de cada alternativa evaluada.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento se diseñó bajo un esquema de bloques completamente al azar (DBCA) con un arreglo factorial $4 \times 3 - 2$, conformado por 10 tratamientos y 4 repeticiones, lo que resultó en un total de 40 unidades experimentales.

El análisis estadístico se realizó utilizando el software R Studio. Previamente al análisis de varianza (ANOVA), se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas para cada variable evaluada. La normalidad de los datos se comprobó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, mientras que la homogeneidad de varianzas se evaluó con la prueba de Bartlett.

Para las variables que cumplieron con ambos supuestos, se aplicó un ANOVA con el objetivo de identificar diferencias significativas entre bloques, factores principales y su interacción. En los casos donde se detectaron diferencias significativas, se procedió a realizar una prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de nivel de significancia, con el fin de establecer diferencias estadísticas entre tratamientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Altura de planta

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar la altura de las plantas entre los 30 y 90 días después de la siembra, cuyos resultados se presentan en la Tabla 9, evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los factores evaluados: bloques, tipos de bioestimulantes, tipo de fertilización y sus interacciones. Todos los valores de p fueron menores a 0.05, lo que indica efectos significativos en el crecimiento en altura de las plantas. Los coeficientes de variación (CV), que oscilaron entre 10.42% y 13.68%, reflejan una buena precisión experimental. Además, se observó un incremento progresivo en la altura promedio de las plantas, alcanzando un valor máximo de 53.00 cm a los 90 días después de la siembra.

Tabla 9. Análisis de varianza para la altura de planta (30, 45, 60, 75 y 90 días)

F. v	GL	Altura 1 (30 dds)	Altura 2 (45 dds)	Altura 3 (60 dds)	Altura 4 (75 dds)	Altura 5 (90 dds)
p valor						
Bloque	3	6.71e-11 ***	1.74e-06 ***	6.63e-08 ***	1.27e-09 ***	5.66e-05 ***
Bioestimulantes	2	9.53e-07 ***	8.03e-07 ***	8.20e-11 ***	8.36e-13 ***	1.67e-08 ***
Fertilización	3	1.08e-08 ***	2.14e-07 ***	4.56e-11 ***	4.03e-13 ***	1.02e-09 ***
Bioestimulantes *	6	0.000943 ***	0.00107 **	8.42e-07 ***	1.28e-07 ***	3.09e-05 ***
Fertilización						
Error	25					
Total	39					
Media (cm)		15.00	24.46	29.81	39.95	53.00
CV (%)		10.42	13.68	12.84	11.90	13.50

Nota. Significado de los códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.

La prueba de Duncan al 5% aplicada para comparar la altura de planta a los 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la siembra (Tabla 10) permitió identificar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, agrupándolos según su desempeño en el crecimiento en altura. El tratamiento T6 (Fert. química + Compost + Basfoliar) se posicionó como el más efectivo, alcanzando las mayores alturas promedio en todas las evaluaciones y clasificándose consistentemente en el grupo estadístico 'A'. Le siguió T5 (Fert. química + Compost + Biol), que también mostró un desempeño destacado, especialmente a partir de los 60 días, ubicándose en los grupos 'A' o 'B'.

Los tratamientos T1 (Fert. química + Biol) y T2 (Fert. química + Basfoliar) presentaron alturas intermedias, ubicándose en los grupos 'B' o 'C', lo que indica un efecto positivo, aunque menor que los tratamientos que incluyeron compost. Por otro lado, los tratamientos T3 (Compost + Biol) y T4 (Compost + Basfoliar) mostraron resultados moderados, ubicándose en los grupos 'C' o 'D', lo que sugiere que el compost sin fertilización química tiene un efecto limitado sobre el crecimiento en altura. Finalmente, los tratamientos sin fertilización química ni compost (T7, T8, T9) y el testigo absoluto (T10) presentaron las menores alturas promedio, clasificándose en los grupos 'D', 'E', 'F' o 'G', lo que evidencia una clara desventaja en comparación con los tratamientos que incluyeron fertilización química y/o compost.

Tabla 10. Prueba de Duncan al 5% para la altura de planta (30, 45, 60, 75 y 90 días)

Tratamien tos	Altura 1 (30 dds)		Altura 2 (45 dds)		Altura 3 (60 dds)		Altura 4 (75 dds)		Altura 5 (90 dds)	
	Media (cm)	Grup os	Media (cm)	Grup os	Media(c m)	Grup os	Media (cm)	Grup os	Media (cm)	Grup os
T1	16.01	C	25.23	B	33.07	C	42.34	C	54.87	C
T2	18.76	B	25.65	B	32.54	C	42.82	C	57.58	B
T3	13.99	C	24.07	C	29.31	D	39.07	D	54.56	C
T4	14.84	C	23.70	C	30.70	D	39.97	D	53.71	C
T5	20.75	B	26.52	B	34.33	B	45.66	B	62.15	A
T6	22.99	A	29.57	A	35.37	A	47.40	A	62.91	A
T7	12.01	D	22.58	E	25.69	E	35.64	F	47.32	D
T8	10.45	E	22.37	E	25.65	E	35.66	F	46.68	D
T9	11.04	E	23.57	D	26.59	E	37.23	E	45.94	D
T10	9.17	E	21.27	F	24.81	F	33.65	G	39.24	E

Nota: Días después de la siembra (dds). T1: Fert. quim + Biol, T2: Fert. quim + Basfoliar, T3: Compost + Biol, T4: Compost + Basfoliar, T5: Fert. quim + Compost + Biol, T6: Fert. quim + Compost + Basfoliar, T7: Fert. quim + Compost, T8: Biol, T9: Basfoliar, T10: Testigo absoluto.

4.1.2. Diámetro de tallo

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado para evaluar el diámetro del tallo desde los 30 hasta los 90 días después de la siembra, cuyos resultados se presentan en la Tabla 11, reveló diferencias significativas principalmente en el factor bloque, con valores de $p < 0.05$ en todas las evaluaciones, lo que indica una fuerte influencia del diseño experimental sobre esta variable. En cuanto a los factores: bioestimulantes mostró efectos estadísticamente significativos a los 45 y 60 días ($p < 0.05$), mientras que la fertilización tuvo un efecto significativo a los 30, 45 y 75 días ($p < 0.05$). Sin embargo, la interacción entre bioestimulantes y fertilización no presentó efectos significativos en ninguna de las fechas evaluadas ($p > 0.05$), lo que sugiere que sus efectos sobre el diámetro del tallo fueron independientes. Los coeficientes de variación (CV), que oscilaron entre 6.80% y 10.41%, indican una buena precisión experimental. Además,

se observó un crecimiento progresivo en el diámetro promedio del tallo, pasando de 2.95 mm a los 30 días a 7.57 mm a los 90 días.

Tabla 11. Análisis de varianza para el diámetro de tallo (30, 45, 60, 75 y 90 días)

F.v	GL	Diámetro 1 (30 dds)	Diámetro 2 (45 dds)	Diámetro 3 (60 dds)	Diámetro 4 (75 dds)	Diámetro 5 (90 dds)
p valor						
Bloque	3	1.67e-10 ***	9.64e-11 ***	1.08e-09 ***	1.37e-07 ***	1.59e-07 ***
Bioestimulantes	2	0.1464	0.00776 **	0.00579 **	0.0954	0.178
Fertilización	3	0.0126 *	0.02809 *	0.37608	0.0241 *	0.191
Bioestimulantes *	6	0.2511	0.16294	0.06634	0.6398	0.432
Error	25					
Total	39					
Media (mm)		2.95	4.20	5.15	6.24	7.57
CV (%)		10.41	7.43	7.12	7.78	6.80

Nota. Significado de los códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.

La prueba de Duncan al 5% permitió identificar diferencias significativas en el diámetro del tallo según el tipo de fertilización y el tipo de bioestimulante aplicado (Tabla 12), en las distintas etapas de evaluación (30, 45, 60 y 75 días después de la siembra).

Tipo de fertilización: El tratamiento con fertilización química + orgánica obtuvo los mayores diámetros promedio del tallo en todas las fechas evaluadas, ubicándose en el grupo estadístico 'A', lo que indica un efecto positivo y consistente sobre el engrosamiento del tallo. Le siguió la fertilización química sola, que también mostró buenos resultados, especialmente a los 45 y 75 días, clasificándose en los grupos 'A' o 'AB'. En cambio, la fertilización orgánica sola y la ausencia de fertilización presentaron diámetros significativamente menores, agrupándose en los niveles 'B' o 'C', lo que evidencia una menor eficacia para promover el desarrollo del tallo.

Tipo de bioestimulante: En cuanto al tipo de bioestimulante, tanto Biol como Basfoliar mostraron efectos positivos sobre el diámetro del tallo, ubicándose en el grupo 'A' a los 45 y 60 días. En contraste, los tratamientos sin bioestimulante presentaron los menores diámetros, clasificándose en el grupo 'B', lo que sugiere que el uso de bioestimulantes contribuye significativamente al engrosamiento del tallo, especialmente en las etapas intermedias del desarrollo.

Tabla 12. Prueba de Duncan al 5% para el diámetro de tallo, Factor Tipo de fertilización y bioestimulante (30, 45, 60, 75 y 90 días)

Tipo de fertilización	Diámetro 1 (30 dds)		Diámetro 2 (45 dds)		Diámetro 3 (60 dds)		Diámetro 4 (75 dds)	
	Media (mm)	Grupo s	Media (mm)	Grupo s			Media (mm)	Grupo s
Química + orgánica	3.28	A	4.34	A			6.61	A
Química	3.06	AB	4.34	A			6.40	AB
Orgánica	2.89	B	4.13	AB			5.96	B
Sin fertilización	2.66	C	3.96	B			5.94	B

Tipo de bioestimulante	Media (mm)	Grupo s	Media (mm)	Grupo s
Biol	4.40	A	5.39	A
Basfoliar	4.18	A	5.13	A
Sin bioestimulante	3.84	B	4.71	B

4.1.3. Número de tallos

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado para evaluar el número de tallos desde los 30 hasta los 90 días después de la siembra, cuyos resultados se presentan en la Tabla 13, mostró que el único factor con efecto estadísticamente significativo fue la fertilización, con valores de $p < 0.05$ en todas las fechas evaluadas. Esto indica que el tipo o nivel de fertilización influyó de manera consistente en la emisión de tallos a lo largo del ciclo de evaluación. En contraste, los factores bloque y bioestimulantes, así como la interacción entre bioestimulantes y fertilización, no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), lo que sugiere que su efecto sobre esta variable fue limitado o no consistente. Los coeficientes de variación (CV), que oscilaron entre 19.91% y 25.68%, indican una mayor variabilidad en esta variable en comparación con otras evaluadas, lo cual es común en características de tipo morfológico como la emisión de tallos. A pesar de ello, se observó un incremento progresivo en el número promedio de tallos por planta, pasando de 6.3 a los 30 días a 9.0 a los 90 días.

Tabla 13. Análisis de varianza para el número de tallos (30, 45, 60, 75 y 90 días)

F.v	GL	# tallos 1 (30 dds)	# tallos 2 (45 dds)	# tallos 3 (60 dds)	# tallos 4 (75 dds)	# tallos 5 (90 dds)
p valor						
Bloque	3	0.3288	0.5303	0.4914	0.576	0.5319
Bioestimulantes	2	0.1108	0.1172	0.0764	0.0901	0.0626
Fertilización	3	0.0257 *	0.0257 *	0.0414 *	0.0480 *	0.0446 *
Bioestimulantes *	6	0.8752	0.8998	0.9421	0.7906	0.7274
Error	25					
Total	39					
Media (#)		6.3	7.26	8.00	8.8	9.00
CV (%)		25.68	21.69	21.06	21.83	19.91

Nota. Significado de los códigos: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 . 0.1 ' 1.

La prueba de Duncan al 5% permitió identificar diferencias significativas en el número de tallos por planta según el tipo de fertilización aplicada (Tabla 14), en las distintas etapas de evaluación (30, 45, 60, 75 y 90 días después de la siembra). El tratamiento con fertilización química + orgánica se destacó como el más efectivo, obteniendo consistentemente los mayores promedios de tallos en todas las fechas evaluadas y clasificándose en el grupo estadístico 'A'. Esto indica que la combinación de ambos tipos de fertilización potencia la emisión de tallos de manera significativa. La fertilización química sola también mostró buenos resultados, ubicándose en el grupo 'A' en la mayoría de las evaluaciones, aunque con ligeras diferencias en los primeros días (grupo 'AB' a los 45 días), lo que sugiere una eficacia similar pero ligeramente inferior a la combinación con fertilización orgánica. Por otro lado, la fertilización orgánica sola presentó resultados intermedios, ubicándose en los grupos 'AB', lo que indica un efecto positivo, pero menos pronunciado. Finalmente, el tratamiento sin fertilización mostró los menores promedios de tallos en todas las fechas, clasificándose en el grupo 'B' o 'C', lo que evidencia una clara desventaja frente a los tratamientos que incluyen fertilización.

Tabla 14. Prueba de Duncan al 5% para el número de tallos, Factor tipo de fertilización (30, 45, 60, 75 y 90 días)

Tipo de fertilización	# tallos 1 (30 dds)		# tallos 2 (45 dds)		# tallos 3 (60 dds)		# tallos 4 (75 dds)		# tallos 5 (90 dds)	
	Media (#)	Grupos	Media (#)	Grupos	Media (#)	Grupos	Media (#)	Grupos	Media (#)	Grupos
Química + orgánica	7.83	A	8.83	A	9.50	A	10.33	A	10.50	A
Química	7.33	A	8.33	AB	9.00	A	10.16	A	10.33	A
Orgánica	6.11	AB	6.88	B	7.66	AB	8.55	AB	8.55	AB
Sin fertilización	4.77	B	5.88	C	6.66	B	7.11	B	7.55	B

4.1.4. Número de tubérculos

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado para evaluar el número de tubérculos clasificados en tres categorías, así como el total por planta, reveló diferencias significativas principalmente en los factores bloque y fertilización, como se muestra en la Tabla 15. El factor bloque presentó diferencias significativas en las categorías 1 y 2, así como en el total de tubérculos, lo que indica cierta variabilidad atribuible al diseño experimental. El factor fertilización mostró un efecto altamente significativo en la categoría 3 y en el total de tubérculos ($p < 0.05$), lo que sugiere que el tipo o nivel de fertilización influye directamente en la producción de tubérculos, especialmente en los de mayor calibre. En cambio, el factor bioestimulantes y su interacción con la

fertilización no presentaron efectos significativos ($p > 0.05$), lo que indica que su influencia sobre el número de tubérculos fue limitada o no consistente. Los coeficientes de variación (CV), que oscilaron entre 6.80% y 17.10%, reflejan una buena precisión experimental, especialmente en las categorías 1 y 2. La media total de tubérculos por planta fue de 32.20, con una distribución relativamente equilibrada entre las tres categorías.

Tabla 15. Análisis de varianza para el número de tubérculos por categorías

F.v	GL	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Total, Categorías
		p valor			
Bloque	3	1.59e-07 ***	0.00445 **	0.0966	0.0374 *
Bioestimulantes	2	0.178	0.85840	0.4813	0.0670
Fertilización	3	0.191	0.52574	4.23e-07 ***	4.06e-05 ***
Bioestimulantes *					
Fertilización	6	0.432	0.97858	0.310	0.7669
Error	25				
Total	39				
Media (#)		7.57	10.03	10.27	32.20
CV (%)		6.80	9.83	17.10	8.63

Nota. Significado de los códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.

La prueba de Duncan al 5% permitió identificar diferencias significativas en el número de tubérculos por planta, tanto en la categoría 3 (10–60 g) como en el total, según el tipo de fertilización aplicada (Tabla 16).

Resultados categoría 3 (tubérculos pequeños: 10–60 g): El tratamiento con fertilización química obtuvo el mayor número de tubérculos pequeños (15.50 tubérculos), clasificándose en el grupo estadístico 'A', lo que indica que este tipo de fertilización favorece la formación de tubérculos en esta categoría. Le siguió la fertilización orgánica, con 11.00 tubérculos, ubicada en el grupo 'B', mostrando un efecto moderado. En tercer lugar, la combinación química + orgánica produjo 8.66 tubérculos, y junto con el tratamiento sin fertilización (7.88 tubérculos), se ubicaron en el grupo 'C', indicando una menor eficacia para promover la formación de tubérculos pequeños.

Resultados por total de tubérculos: En cuanto al total de tubérculos por planta, la fertilización química también lideró con 36.66 tubérculos, en el grupo 'A', seguida por la fertilización orgánica (31.66 tubérculos, grupo 'B'). La combinación química + orgánica mostró un rendimiento intermedio (34.44 tubérculos), ubicándose en el grupo 'AB', lo que sugiere que, aunque no favoreció la categoría 3, sí contribuyó a una buena producción total, posiblemente con mayor proporción de tubérculos medianos o grandes. Finalmente, el tratamiento sin fertilización presentó el menor

rendimiento (27.33 tubérculos), clasificándose en el grupo 'C', lo que evidencia una clara desventaja frente a los tratamientos que incluyen fertilización.

Tabla 16. Prueba de Duncan al 5% para el número de tubérculos, Factor tipo de fertilización (30, 45, 60, 75 y 90 días)

Porcentaje de fertilización	Categoría 3		Total	
	Media (#)	Grupos	Media (#)	Grupos
Química	15.50	A	36.66	A
Orgánica	11.00	B	31.66	B
Química + Orgánica	8.66	C	34.44	AB
Sin fertilización	7.88	C	27.33	C

4.1.5. Peso de tubérculo por categoría

El análisis de varianza realizado para el peso de tubérculo por categoría, presentado en la Tabla 17, evidenció que la fertilización tuvo un impacto significativo en las categorías 1 y 2 ($p < 0.05$), mientras que no se observaron diferencias significativas en la categoría 3, lo que subraya la importancia de este factor en la determinación del peso de los tubérculos medianos y grandes. Por su parte, el tipo de bioestimulante mostró un efecto significativo únicamente en la categoría 2 ($p < 0.05$), mientras que no se detectaron diferencias significativas en las categorías 1 y 3. La interacción entre fertilización y bioestimulantes no presentó efectos significativos en ninguna de las categorías evaluadas ($p > 0.05$), lo que indica que sus efectos fueron independientes. Los coeficientes de variación, inferiores al 15%, aseguran una adecuada precisión en los datos obtenidos. Las medias generales reflejaron un mayor peso promedio de los tubérculos en la categoría 1 (118.9 g), seguido por la categoría 2 (76.27 g) y finalmente la categoría 3 (26.8 g).

Tabla 17. Análisis de varianza para el peso de tubérculo por categoría

F.v	GL	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
		p valor		
Bloque	3	0.8504	0.378002	0.865
Bioestimulantes	2	0.2010	0.049758 *	0.688
Fertilización	3	0.0495 *	0.000343 ***	0.334
Bioestimulantes * Fertilización	6	0.8863	0.921275	0.805
Error	25			
Total	39			
Media (g)		118.9	76.27	26.8
CV (%)		10.25	10.22	14.13

Nota. Significado de los códigos: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 * 0.1 ' ' 1.

La prueba de Duncan al 5% permitió identificar diferencias significativas en el peso promedio de los tubérculos en las categorías 1 (101–150 g) y 2 (61–100 g), según el tipo de fertilización y bioestimulante aplicado (Tabla 18).

Tipo de fertilización: En la categoría 1, el tratamiento con fertilización química + orgánica obtuvo el mayor peso promedio (127.88 g), ubicándose en el grupo estadístico 'A', lo que indica su alta eficacia para promover el desarrollo de tubérculos de mayor calibre. Le siguieron la fertilización química (118.16 g) y la fertilización orgánica (114.66 g), ambas en el grupo 'AB', con diferencias no significativas entre ellas. El tratamiento sin fertilización presentó el menor peso (113.22 g), clasificándose en el grupo 'B'. En la categoría 2, se observó un patrón similar: la fertilización química + orgánica lideró con 85.11 g (grupo 'A'), seguida por la fertilización química (81.16 g, grupo 'AB') y la orgánica (74.50 g, grupo 'B'). El tratamiento sin fertilización mostró el menor peso (65.33 g), ubicándose en el grupo 'C'.

Tipo de bioestimulante: En cuanto al tipo de bioestimulante, tanto Basfoliar (79.33 g) como Biol (76.83 g) se ubicaron en el grupo 'A', mostrando un efecto positivo y comparable sobre el peso de los tubérculos en la categoría 2. En contraste, los tratamientos sin bioestimulante presentaron un menor peso promedio (69.00 g), clasificándose en el grupo 'B', lo que evidencia una desventaja significativa frente al uso de bioestimulantes.

Tabla 18. Prueba de Duncan al 5% para el peso de tubérculo, Factor tipo de fertilización y tipo de bioestimulante

Tipo de fertilización	Categoría 1		Categoría 2	
	Media (g)	Grupos	Media (g)	Grupos
Química + orgánica	127.88	A	85.11	A
Química	118.16	AB	81.16	AB
Orgánica	114.66	AB	74.50	B
Sin fertilización	113.22	B	65.33	C
Tipo de bioestimulante			Media (mm)	Grupos
Basfoliar			79.33	A
Biol			76.83	A
Sin bioestimulante			69.00	B

4.1.6. Rendimiento

El análisis de varianza realizado para el rendimiento del cultivo presentado en la Tabla 19, considerando las categorías de tubérculos por peso (Categoría 1: 101–150 g, Categoría 2: 61–100 g, Categoría 3: 10–60 g), evidenció diferencias altamente significativas en varios factores evaluados.

El factor bloque presentó efectos significativos en las categorías 2 y 3, así como en el rendimiento total ($p < 0.05$), lo que indica variabilidad atribuible al diseño experimental. El tipo de bioestimulante mostró un efecto altamente significativo en todas las categorías y en el rendimiento total ($p < 0.05$), lo que subraya su

importancia en la mejora del rendimiento del cultivo. El tipo de fertilización tuvo un impacto altamente significativo en las categorías 1 y 2, y en el rendimiento total ($p < 0.05$), mientras que no se observaron diferencias significativas en la categoría 3 ($p > 0.05$). La interacción entre bioestimulantes y fertilización fue significativa únicamente en la categoría 3 y en el rendimiento total ($p < 0.05$), lo que sugiere que la combinación de ambos factores influye especialmente en la producción de tubérculos pequeños y en el rendimiento global.

Los coeficientes de variación, todos inferiores al 18%, reflejan una buena precisión experimental. Las medias generales de rendimiento por categoría fueron: Categoría 1: 7,772.00 kg/ha, Categoría 2: 3,438.00 kg/ha, Categoría 3: 1,220.90 kg/ha, Total: 12,431.00 kg/ha. Estos resultados indican que la mayor contribución al rendimiento total proviene de los tubérculos de mayor calibre (categoría 1), seguidos por los medianos (categoría 2).

Tabla 19. Análisis de varianza para el rendimiento del cultivo

F.v	GL	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Total, Categorías
		p valor			
Bloque	3	0.150	5.42e-05 ***	0.0034 **	0.000463 ***
Bioestimulantes	2	5.45e-08 ***	2.58e-08 ***	5.14e-10 ***	1.55e-07 ***
Fertilización	3	3.62e-14 ***	8.52e-14 ***	0.0651	1.76e-15 ***
Bioestimulantes * Fertilización	6	0.237	0.723	3.00e-05 ***	2.76e-13 ***
Error	25				
Total	39				
Media (Kg/ha)		7772.00	3438.00	1220.9	12431.00
CV (%)		9.57	9.77	17.87	7.08

Nota. Significado de los códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.

La prueba de Duncan al 5% permitió identificar diferencias significativas en el rendimiento del cultivo por hectárea (Tabla 20), tanto en la categoría 1 (101–150 g) como en la categoría 2 (61–100 g), según el tipo de fertilización y bioestimulante aplicado.

Tipo de fertilización: En ambas categorías, el tratamiento con fertilización química + orgánica obtuvo los mayores rendimientos, con 11,583.73 kg/ha en categoría 1 y 5,263.84 kg/ha en categoría 2, clasificándose en el grupo estadístico 'A'. Esto confirma su alta eficacia para maximizar la producción de tubérculos de mayor y mediano calibre. Le siguió la fertilización química, con rendimientos de 9,948.78 kg/ha y 3,987.99 kg/ha, respectivamente, ubicándose en el grupo 'B'. La fertilización orgánica mostró un rendimiento intermedio (6,721.47 kg/ha en categoría 1 y 2,777.16 kg/ha en categoría 2), clasificándose en el grupo 'C'. El tratamiento sin

fertilización presentó los menores rendimientos (3,209.07 kg/ha y 1,686.90 kg/ha), ubicándose en el grupo 'D', lo que evidencia una clara desventaja frente a los tratamientos con fertilización.

Tipo de bioestimulante: En cuanto al tipo de bioestimulante, Basfoliar generó el mayor rendimiento en ambas categorías (8,951.73 kg/ha y 4,136.22 kg/ha), clasificándose en el grupo 'A'. Le siguió Biol, con rendimientos de 7,837.81 kg/ha y 3,231.09 kg/ha, en el grupo 'B'. Los tratamientos sin bioestimulante obtuvieron los menores valores (5,280.38 kg/ha y 2,456.64 kg/ha), ubicándose en el grupo 'C'. Estos resultados destacan la importancia del uso combinado de fertilización química y orgánica, así como del uso de bioestimulantes, especialmente Basfoliar, para maximizar el rendimiento del cultivo.

Tabla 20. Prueba de Duncan al 5% para el rendimiento del cultivo por hectárea, Factor tipo de fertilización y tipo de bioestimulante

Tipo de fertilización	Categoría 1		Categoría 2	
	Media (kg)	Grupos	Media (kg)	Grupos
Química + orgánica	11583.73	A	5263.84	A
Química	9948.78	B	3987.99	B
Orgánica	6721.47	C	2777.16	C
Sin fertilización	3209.07	D	1686.90	D
Tipo de bioestimulante	Media (kg)	Grupos	Media (kg)	Grupos
Basfoliar	8951.73	A	4136.22	A
Biol	7837.81	B	3231.09	B
Sin bioestimulante	5280.38	C	2456.64	C

La prueba de Duncan al 5% permitió identificar diferencias significativas en el rendimiento del cultivo por hectárea, tanto en la categoría 3 (10–60 g) como en el rendimiento total, según los tratamientos aplicados (Tabla 21).

Rendimiento en categoría 3: El tratamiento T7 (Fert. química + compost) obtuvo el mayor rendimiento en esta categoría (2,733.33 kg/ha), clasificándose en el grupo estadístico 'A', seguido por T10 (Testigo absoluto) con 1,811.97 kg/ha (grupo 'B'), lo que resulta llamativo, ya que este último no recibió fertilización ni bioestimulantes, lo que sugiere una mayor proporción de tubérculos pequeños en ausencia de manejo agronómico. Los tratamientos T3 y T4 (compost + bioestimulantes) también mostraron rendimientos relativamente altos en esta categoría (~1,070 kg/ha), ubicándose en el grupo 'D'. En contraste, los tratamientos más eficientes en rendimiento total, como T5 y T6, presentaron rendimientos significativamente menores en esta categoría (grupo 'E' y 'F'), lo que indica una menor proporción de tubérculos pequeños, favoreciendo calibres mayores.

Rendimiento total: Los tratamientos T6 (Fert. química + compost + Basfoliar) y T5 (Fert. química + compost + Biol) alcanzaron los mayores rendimientos totales, con 19,953.34 kg/ha y 18,583.56 kg/ha, respectivamente, clasificándose en el grupo 'A'. Estos resultados confirman que la combinación de fertilización química y orgánica con bioestimulantes es altamente efectiva para maximizar la productividad. Les siguieron T2 (Fert. química + Basfoliar) y T7 (Fert. química + compost), ambos en el grupo 'B', con rendimientos superiores a los 16,000 kg/ha. En contraste, los tratamientos sin fertilización (T8, T9) y el testigo absoluto (T10) presentaron los menores rendimientos totales, ubicándose en los grupos 'F', 'E' y 'G', respectivamente.

Tabla 21. Prueba de Duncan al 5% para el rendimiento del cultivo por hectárea

Tratamientos	Categoría 3		Total	
	Media (kg)	Grupos	Media (kg)	Grupos
T1	894.98	E	13207.22	C
T2	618.19	F	16179.51	B
T3	1070.69	D	9949.28	DE
T4	1078.19	D	11196.86	D
T5	804.14	E	18583.56	A
T6	557.38	F	19953.34	A
T7	2733.33	A	16100.70	B
T8	1293.23	C	6598.61	F
T9	1347.02	C	8622.90	E
T10	1811.97	B	3918.66	G

Nota: Días después de la siembra (dds). T1: Fert. quim + Biol, T2: Fert. quim + Basfoliar, T3: Compost + Biol, T4: Compost + Basfoliar, T5: Fert. quim + Compost + Biol, T6: Fert. quim + Compost + Basfoliar, T7: Fert. quim + Compost, T8: Biol, T9: Basfoliar, T10: Testigo absoluto.

4.1.7. Análisis costo - beneficio

El análisis costo/beneficio del cultivo de papa amarilla, presentado en la Tabla 22, evidenció que el tratamiento más eficiente fue T6 (Fert. química + compost + Basfoliar), el cual alcanzó el mayor rendimiento (19.953,34 kg/ha), el ingreso total más alto (7.738,21 USD) y una destacada relación costo/beneficio de 1,88, lo que se tradujo en una ganancia de 0,88 USD por cada dólar invertido. Le siguieron en eficiencia los tratamientos T2 (Fert. química + Basfoliar) y T5 (Fert. química + compost + Biol), con relaciones costo/beneficio de 1,78 y 1,58, respectivamente, y beneficios directos superiores a los 2.600 USD, lo que confirma que la combinación de fertilización química con bioestimulantes, especialmente Basfoliar, ofrece un excelente retorno económico.

En el extremo opuesto, el tratamiento menos favorable fue T10 (testigo absoluto), sin aplicación de fertilizantes ni bioestimulantes, que registró el rendimiento más bajo

(3.918,67 kg/ha), el ingreso más reducido (1.017,55 USD) y una relación costo/beneficio negativo de 0,50, lo que generó pérdidas económicas.

En términos generales, los tratamientos que incluyeron fertilización química combinada con compost y bioestimulantes mostraron un desempeño económico superior, mientras que aquellos sin fertilización o con manejo orgánico exclusivo presentaron rentabilidad baja o negativa, lo que resalta la importancia de un manejo nutricional integral para maximizar la rentabilidad del cultivo.

Tabla 22. Análisis costo/beneficio para el cultivo de papa amarilla

Tratamientos	Rendimiento Kg/Ha	Rendimiento Sacos/Ha	Venta Cat 1 USD/saco	Venta Cat 2 USD/saco	Venta Cat 3 USD/saco	Ingreso Cat 1 USD	Ingreso Cat 2 USD	Ingreso Cat 3 USD	Ingreso Total USD	Costo por tratamiento USD	Costo Beneficio USD	Beneficio Directo USD
T6: Fert. quim + Compost + Basfoliar	19953,34	399,07	22	15	5	5857,28	1825,185	55,738	7738,21	4118,61	1,88	0,88
T5: Fert. quim + Compost + Biol	18583,56	371,67	22	15	5	5428,75	1632,408	80,414	7141,57	4527,36	1,58	0,58
T2: Fert. quim + Basfoliar	16179,52	323,59	22	15	5	4830,60	1374,795	61,819	6267,21	3518,61	1,78	0,78
T7: Fert. quim + Compost	16100,7	322,01	22	15	5	4004,50	1279,869	273,333	5557,70	3624,86	1,53	0,53
T1: Fert. quim + Biol	13207,22	264,14	22	15	5	3924,32	1017,999	89,498	5031,81	3927,36	1,28	0,28
T4: Compost + Basfoliar	11196,86	223,94	22	15	5	3042,83	960,642	107,819	4111,29	3138,61	1,31	0,31
T3: Compost + Biol	9949,28	198,99	22	15	5	2872,06	705,354	107,069	3684,48	3547,36	1,04	0,04
T9: Basfoliar	8622,9	172,46	22	15	5	2024,32	802,542	134,702	2961,57	2538,61	1,17	0,17
T8: Biol	6598,61	131,97	22	15	5	1569,42	521,553	129,323	2220,29	2947,36	0,75	-0,25
T10: Testigo absoluto	3918,67	78,37	22	15	5	642,24	194,115	181,197	1017,55	2044,86	0,50	-0,50

4.2. DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación confirman que la combinación de fertilización química, compost y bioestimulantes mejora significativamente el crecimiento, el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de papa amarilla, optimizando tanto la producción comercial como el retorno económico por hectárea.

En cuanto a la altura de planta, los tratamientos con fertilización química combinada con bioestimulantes, especialmente Basfoliar, promovieron un crecimiento más vigoroso, alcanzando hasta 65,34 cm a los 90 días. Este comportamiento coincide con lo reportado por Tambo et al. (2016), quienes observaron un incremento significativo en la altura de cebada con la aplicación de biol bovino. Asimismo, Lema (2021) encontró que el uso de abonos orgánicos al 75% permitió alcanzar alturas promedio de 24,94 cm en papa chaucha, aunque sin diferencias significativas. En comparación, los tratamientos de esta investigación superaron ampliamente ese valor, lo que refuerza la eficacia de la combinación de fertilización química con bioestimulantes.

Respecto al diámetro del tallo y el número de tallos, se observaron diferencias significativas a favor de los tratamientos con fertilización química y bioestimulantes, especialmente en las etapas intermedias del cultivo. Esto es coherente con los hallazgos de Mora et al. (2021), quienes reportaron que la combinación de NPK con microorganismos solubilizadores de fósforo mejoró significativamente el desarrollo estructural de la planta. Además, el mayor número de tallos observado en los tratamientos con fertilización combinada (hasta 10,5 tallos por planta) coincide con los resultados de Tambo et al. (2016), quienes también reportaron un incremento en el número de macollos en cebada con el uso de biol.

En lo que respecta al número y peso de tubérculos por categoría, los tratamientos con fertilización química + orgánica y bioestimulantes generaron un mayor número de tubérculos, especialmente en las categorías 1 y 2 (mayores calibres), lo que se tradujo en un rendimiento comercial más alto. Este resultado es consistente con lo reportado por Muñoz y Lucero (2008), quienes encontraron que la combinación de 300 kg/ha de fertilizante químico con 800 kg/ha de abono orgánico produjo los mayores rendimientos de *S. phureja*. Asimismo, Mora et al. (2021) observaron que el tratamiento con 100% NPK + Fosfotric generó un promedio de 12,88 tubérculos de

primera categoría por planta, lo que respalda la importancia de una nutrición completa para maximizar la proporción de tubérculos comerciales.

El rendimiento total del cultivo fue significativamente mayor en los tratamientos que integraron fertilización química, compost y bioestimulantes. El tratamiento T6 (Fert. química + compost + Basfoliar) alcanzó los 19.953,34 kg/ha, superando ampliamente al testigo absoluto (3.918,67 kg/ha). Este resultado es comparable con el rendimiento reportado por Suquillo (2025), quien obtuvo 32,98 t/ha con aplicación foliar de algas marinas, y con Valerio y Medina (2024), quienes lograron 45,34 t/ha en zanahoria con extracto de algas. Aunque los cultivos son distintos, los resultados coinciden en que los bioestimulantes, especialmente los derivados de algas tienen un efecto positivo sobre la productividad.

Desde el punto de vista económico, el tratamiento T6 también fue el más rentable, con una relación costo/beneficio de 1,88, lo que representa una ganancia de 0,88 USD por cada dólar invertido. Este resultado es coherente con el análisis económico de Muñoz y Lucero (2008), quienes identificaron que la combinación de fertilización química y orgánica ofrecía la mayor rentabilidad. De igual forma, Mora et al. (2021) demostraron que la integración de NPK con biofertilizantes permitió reducir costos y mejorar la rentabilidad, superando incluso al tratamiento con NPK solo. En contraste, los tratamientos sin fertilización o con manejo exclusivamente orgánico presentaron índices de rentabilidad bajos o negativos, como fue el caso del testigo absoluto (0,50) y del tratamiento con solo biol (0,75), lo que evidencia que, si bien los bioestimulantes aportan beneficios, su efecto es limitado sin una base nutricional adecuada.

Los resultados de la presente investigación confirman que la combinación de fertilización química, compost y bioestimulantes como Biol y Basfoliar mejora significativamente el rendimiento, la eficiencia en el uso de nutrientes y la rentabilidad del cultivo de papa amarilla. Esta estrategia sostenible reduce la dependencia de fertilizantes sintéticos y se alinea con los principios de la agricultura regenerativa. Aunque el enfoque principal fue el rendimiento, se abre la posibilidad de evaluar la calidad nutricional del producto en futuras investigaciones. Finalmente, los tratamientos más eficientes no solo fueron agronómicamente superiores, sino también económicamente viables, con beneficios directos para la seguridad alimentaria y los ingresos de pequeños productores.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La combinación de fertilización química, compost y bioestimulantes (especialmente Basfoliar) tuvo un efecto positivo y significativo en el desarrollo fenológico de la papa variedad nativa chaucha amarilla (*Solanum phureja*). Logrando los mayores valores en variables clave como altura de planta, alcanzando hasta 65,34 cm a los 90 días, diámetro de tallo con un promedio de 7,57 mm, y número de tallos, con hasta 10,5 tallos por planta.
- Los tratamientos que integraron fertilización química y orgánica con bioestimulantes generaron los mayores rendimientos, tanto en número como en peso de tubérculos de categorías comerciales. El tratamiento T6 (fertilización química + compost + Basfoliar) alcanzó el mayor rendimiento total (19.953,34 kg/ha), superando significativamente a los tratamientos con manejo exclusivo orgánico o sin fertilización.
- El análisis económico demostró que los tratamientos con fertilización combinada y bioestimulantes no solo fueron agronómicamente superiores, sino también económicamente viables. El tratamiento T6 presentó la mejor relación costo/beneficio (1,88), lo que representa una ganancia de 0,88 USD por cada dólar invertido.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso conjunto de fertilización química, compost y bioestimulantes (especialmente Basfoliar), ya que esta combinación mejora significativamente el desarrollo fenológico, el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de papa chaucha amarilla.
- Es necesario realizar estudios adicionales para optimizar las dosis y momentos de aplicación de bioestimulantes como Basfoliar, así como ampliar los ensayos a otras variedades de papa y cultivos agrícolas, evaluando su impacto en productividad y calidad.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrolink Ecuador. (2025). *Abono orgánico India*. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://agrolink.ec/producto/abono-organo-india/>
- Araujo, M., López, G., & Jiménez, J. (2021). *Mejoramiento genético y adopción de variedades de papa en Ecuador*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- Aremu, A. O., Masondo, N. A., Amoo, S. O., Gruz, J., Bíba, O., Pečnik, A., Novák, O., Doležal, K., Rengasamy, K. R. R., Šubrtová, M., & Van Staden, J. (2015). Physiological role of phenolic biostimulants isolated from brown seaweed *Ecklonia maxima* on plant growth and development. *Planta*, 241, 1313–1324. <https://doi.org/10.1007/s00425-015-2256-x>
- Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S., Perissol, C., Roussos, S., & Thami Alami, I. (2018). Parámetros de compostaje y calidad del compost: una revisión de la literatura. *Organic Agriculture*, 8(2), 141–158. <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z>
- Bloomberg. (2022). El aumento de los costos de fertilizantes está alcanzando a los productores de arroz. AGRONEGOCIOS. <https://www.agronegocios.co/agricultura/el-aumento-de-los-costos-de-fertilizantes-esta-alcanzando-a-los-productores-de-arroz-3344695>
- Bradshaw, J. E., & Ramsay, G. (2009). Potato origin and production. En J. Singh & L. Kaur (Eds.), *Advances in Potato Chemistry and Technology* (pp. 1–26). Academic Press
- Cabrera-Guevara, C., Diaz-Hidrogo, Y., Diaz-Diaz, E., & Gamboa-Alarcón, P. W. (2023). Características de las bandejas biodegradables de almidón de papa (*Solanum phureja*) reforzadas con maíz amarillo (*Zea mays* L.) y tocón de espárrago blanco (*Asparagus officinalis*). *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 2(1), e430. <https://doi.org/10.51252/reacae.v2i1.e430>
- Castillo, B., Ruiz, J. O., Manrique, M. A., & Pozo, C. (2020). Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete. *Revista ESPACIOS*, 41(10). <https://www.revistaespacios.com/a20v41n10/20411011.html>
- Castillo, C., Cuesta, X., & Racines, M. (2021). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores* (3.ª ed.). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/MANUAL%20DE%20PAPA%202020%203era%20edici%C3%B3n.pdf>

- Centro Internacional de la Papa (CIP). (2017). *Datos y cifras de la papa*. <https://cipotato.org/es/potato/potato-facts-and-figures>
- Cuesta, X., Monteros, C., Racines, M., & Rivadeneira, J. (2022). *Catálogo de variedades de papa* (2ª ed.). Publicación Miscelánea No. 427. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)
- Devaux, A., Hareau, G., Ordinola, M., Andrade, J., y Thiele, G. (2021). Las papas nativas: de ser un cultivo olvidado al boom culinario e innovación de mercado. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 25(2), 3-14. <https://doi.org/10.37066/ralap.v25i2.429>
- Díaz Guillén, F. (2008). El proceso de domesticación en las plantas. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/228585084>
- Edifarm. (2016). *Vademécum agrícola. Fertilizantes, bioestimulantes, reguladores*. <https://quickagro.edifarm.com.ec/pdfs/productos/OLIAR%20KELPSUSPENSID%203N%201616121B1Zn-20180126-125834.pdf>
- Fertilizar. (2022). Bioestimulantes un aporte a producciones sostenible. <https://fertilizar.org.ar/bioestimulantes-un-aporte-a-producciones-sostenible/#:~:text=Un bioestimulante es cualquier sustancia,independientemente de su composición nutricional>
- Fertisa. (2025). *Fertilizantes mezcla*. <https://fertisa.com/producto/8-20-20-fertilizante-mezcla/>
- Gómez, C. (2014). Conservación y revalorización de papas nativas con pequeños productores de la provincia Bolívar, Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Consorcio de Pequeños Productores de Papa (CONPAPA)
- Gómez-Brandón, M., Lazcano, C., Lores, M., & Domínguez, J. (2013). Efectos a corto plazo de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la estructura y función de la comunidad microbiana del suelo. *Biología y Fertilidad de los Suelos*, 49(6), 723–733. <https://doi.org/10.1007/s00374-012-0761-7>
- Kaur, S., et al. (2019). *El uso mundial de pesticidas y sus impactos en los ecosistemas*. SN Applied Sciences, 1, 1446. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>
- Lara, (2009). "Evaluación de Varios Bioestimulantes Foliares en la Producción del Cultivo de Soya, & de Los Ríos", en la Z. de B. P. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. Edu.Ec. Recuperado el 20 de noviembre del 2020, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6573/1/D-39141.pdf>
- Lema, C. R. (2021). *Evaluación de producción de papa chaucha (Solanum phureja) utilizando fuentes orgánicas "Caballaza, Biocompost y Eco-Abonaza" a diferentes dosis con fines de recuperación y conservación de suelos en el CEASA, Latacunga, Cotopaxi 2021* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8093>

- Luna, R., Espinosa Cunuhay, K., Trávez Trávez, R., Ulloa Méndez, C. I., Espinoza Coronel, A., & Bejarano Albornoz, A. (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. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5609375&info=resumen&idoma=ENG>
- MAG. (2022). El Biol, alternativa orgánica para nutrir y desarrollar los cultivos. Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. Recuperado de <https://www.agricultura.gob.ec/el-biol-alternativa-organica-para-nutrir-y-desarrollar-los-cultivos/>
- Menjívar-Flores, J. C., Enciso Murillo, C. F., & Martínez Cordob, H. E. (2015). Evaluación de la eficiencia de tres fertilizantes edáficos sobre el rendimiento y calidad del zapallo (*Cucurbita maxima* var. Unapal-Mandarino). *RIAA*, 6(1), 185–197. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5590926>
- Miño, E. (2023). *Reporte de análisis de suelo "Campo: Biol Bovino"*. LABONORT. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/null.pdf
- Monteros, A et al (2005). Las papas nativas en el Ecuador. Cipotato.org. Recuperado el 10 de octubre del 2023, de https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/papas_nativas_ecuador.pdf
- Monteros, C., Yumisaca, F., Andrade-Piedra, J., & Reinoso, I. (2010). *Cultivares de papas nativas de la Sierra Centro y Norte del Ecuador: Catálogo etnobotánico, morfológico, agronómico y de calidad*. Publicación Miscelánea No. 179. INIAP/CIP
- Morales, F. (2016). Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Sudamérica. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 14(1), 1–9. <https://doi.org/10.37066/ralap.v14i1.139>
- Mora, S., Flores, S., Chulde, J., Puetate, L., & Revelo, V. (2021). Alternativas de fertilización empleando bioestimulantes y biofertilizantes para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Montúfar – Carchi. *Sathiri: Sembrador*, 16(1), 132–143. <https://doi.org/10.32645/13906925.1045>
- Muñoz, L. A., & Lucero, A. M. (2008). Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja*. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 340–346
- Ñústez-López, C. E., et al. (2020). *Papa de año (Solanum tuberosum Grupo Andigenum): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2
- Orduz, S., Machado, L., & Rodríguez, L. (2020). Importancia de la biota edáfica para la productividad en agroecosistemas. *Revista Nova*, 6, 27–38. <https://doi.org/10.23850/25004476.3681>

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2022). Uso de plaguicidas, comercio de plaguicidas e indicadores de plaguicidas. Tendencias mundiales, regionales y nacionales, 1990-2020. FAOSTAT Analytical Briefs: <https://www.fao.org/3/cc0918en/cc0918en.pdf>
- Palacios, L. A. (2023). El uso de biofertilizantes en la agricultura moderna: sus avances, desafíos y perspectivas. *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 1(2), 52–64. <https://doi.org/10.70881/MCJ/V1/N2/16>
- Perera, K. H., Udeshani, W. A., Piyathilake, I. D., Wimalasiri, G. E., Kadupitiya, H. K., Udayakumara, E. P., y Gunatilake, S. K. (2020). Evaluación de la calidad del suelo y de los riesgos de erosión en el distrito de Moneragala (Sri Lanka). *Applied Sciences*, 2(12), 2175. <https://doi.org/10.1007/s42452020-03926-1>
- Pineda Lázaro, A. J., Hernández Amasifuen, A. D., & Díaz Pillasca, H. B. (2021). Multiplicación y reducción del crecimiento *in vitro* de papa chaucha (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja). *Manglar*, 18(2), 123–128. <https://www.researchgate.net/publication/352658190>
- Pozo, G. (2019). *Caracterización del biol producido en biodigestores de tipo tradicional y de cúpula fija* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Amazónica]. <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/632/1/T.AGROP.B.UEA.1152>
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*. Centro Internacional de la Papa (CIP). <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>
- Quiros, C. F., Ortega, D., & Valencia, J. W. (1990). Biochemical and morphological characterization of potato landraces from Ecuador. *Euphytica*, 46(3), 221–231. <https://doi.org/10.1007/BF00027201>
- ResearchGate. (2024). *Respuesta fisiológica de Solanum phureja bajo déficit hídrico*. <https://www.researchgate.net/publication/377323369>
- Rojas Mercado, L. P., & Seminario Cunya, J. F. (2014). Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) de la región Cajamarca. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 165–175. <https://www.researchgate.net/publication/273275007>
- Ruiz Corral, J. A., Medina García, G., González Acuña, I. J., Flores López, H. E., Ramírez Ojeda, G., Ortiz Trejo, C., Byerly Murphy, K. F., & Martínez Parra, R. A. (2013). *Requerimientos agroecológicos de cultivos* (2ª ed.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). <https://www.researchgate.net/publication/343047223>
- Sharma, A., et al. (2019). *El uso mundial de pesticidas y sus impactos en los ecosistemas*. *SN Applied Sciences*, 1, 1446. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>

- Sahair, R., Gnanasekaran, A., Chandrashekrappa, G. K., & Bas, K. M. (2018). *Solanum tuberosum* L: Botanical, phytochemical, pharmacological and nutritional significance. *International Journal of Phytomedicine*. <https://www.researchgate.net/publication/340548610>
- Seminario, J. (2017). Rendimiento de cosecha de diecisiete cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) del grupo *Phureja*. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 181–191. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v8n3/a01v8n3.pdf>
- Ssemugabo, C., Halage, A. A., Neebye, R. M., Nabankema, V., Kasule, M. M., y Ssekimpi, D. (2017). Prevalencia, circunstancias y tratamiento de la intoxicación aguda por plaguicidas en los hospitales de la ciudad de Kampala, Uganda. *Environmental Health Insights*, 11.
- Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). (2022). Sistema de Información Pública Agropecuaria - Ecuador. Boletín del cultivo de papa: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Suquillo, J. G. (2025). *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* [Tesis de pregrado, PUCE]. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/45544>
- Tambo Laimé, D., Céspedes Paredes, R., & Esprella Viorel, B. (2016). Evaluación del efecto de biol bovino en la producción y calidad de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en época de invierno en la estación experimental Choquenaira, Viacha-La Paz. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 3(1), 55–66. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182016000100008
- Thomas, J., Joseph, S., y Thrivikramji, K. P. (2018). Evaluación de la erosión del suelo en una cuenca fluvial tropical de montaña del sur de los Ghats occidentales, India, mediante RUSLE y SIG. *Geoscience Frontiers*, 9(3), 893-906. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2017.05.011>
- Valerio Ambrocio, E. S., & Medina Ruiz, S. H. (2024). Efecto de dos bioestimulantes líquidos a base de residuos de pescado y algas marinas en rendimiento de zanahoria (*Daucus carota*), Santa. Universidad Nacional del Santa. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4665>
- Verá y Avilés (2022). Cuidados De Enfermería En Pacientes Con Intoxicación Por Pesticidas Organofosforados En Ecuador. Universidad Estatal de Milagro Facultad ciencias de la salud y servicios sociales. Edu.Ec. Recuperado el 10 de octubre del 2023, de <https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/6660/1/VERA%20SALAVARRIA%20FERNANDA%20LEONOR.pdf>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



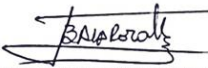
ESTUDIANTE: Yar Gramal Dennis Fernando		CÉDULA DE IDENTIDAD: 0402005227	
PERIODO ACADÉMICO: 2026B			
PRESIDENTE TRIBUNAL: DR. LUIS RODRIGO BALAREZO URRESTA		DOCENTE TUTOR: DR. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL	
DOCENTE: MSC. HADDY DANIELA JACOME LUCERO			
TEMA DEL TIC: "Producción de papa (Solanum phureja) bajo manejo químico y orgánico en el centro experimental San Francisco"			

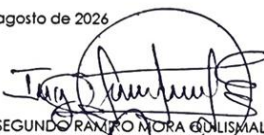
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	7.00	CORREGIR
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7.00	
3	METODOLOGÍA	8.00	
4	RESULTADOS	7.00	REALIZAR INTERPRETACION ADECUADA DE LOS RESULTADOS
5	DISCUSIÓN	7.00	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7.00	DE ACUERDO A SU INVESTIGACION
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	8.00	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	7.00	REVISAR NORMAS APA

Ocurriendo una nota de: **7.20** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **miércoles, 12 de agosto de 2026**


DR. LUIS RODRIGO BALAREZO URRESTA
PRESIDENTE TRIBUNAL


DR. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL
DOCENTE TUTOR


MSC. HADDY DANIELA JACOME LUCERO
DOCENTE

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Yar Gramal Dennis Fernando DATE: 21 de agosto de 2026 Topic: "Producción de papa (Solanum phureja) bajo manejo químico y orgánico en el Centro Experimental San Francisco"				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 ☒	GOOD: 1,5 ☒	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 ☒	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 ☒	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 ☒	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED TOTAL 9			



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico
o Investigación.**

Autor: Yar Gramal Dennis Fernando

Fecha de entrega del informe: 21 de agosto de 2026

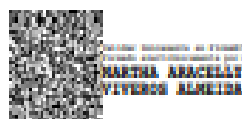
El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



MSc. Martha Viveros
Responsable CIDEN

Anexo 3. Costos de producción del mejor tratamiento de la investigación

Tabla 23. Costos de producción del mejor tratamiento de la investigación

Sistema: Semi-tecnificado			Centro Experimental San Francisco Lugar	UPEC
Materiales	Unidades	Medida	Costo unitario	Costo total
Mano de obra				19.09
Preparación de terreno (Tractor)	1	Unidad	1.31	1.31
Trazado de parcelas	2	Personal	0.26	0.52
Surcado	2	Personal	0.26	0.52
Aplicación de cal	1	Personal	0.26	0.26
Desinfección de suelo semilla	1	Personal	0.22	0.22
Siembra	2	Personal	0.26	0.52
Labores culturales				
Retape, aporque, deshierba	6	Personal	0.52	3.12
Control Fitosanitario	12	Personal	0.26	3.12
Aplicación Bioestimulantes	5	Personal	0.26	1.30
Cosecha	4	qq	1.50	6.00
Materiales				6.24
Pirola cono de fibra	1	Unidad	0.22	0.22
Estacas	12	Unidad	0.32	3.84
Letreros	3	Unidad	0.36	1.08
Costales	4	Unidad	0.22	0.88
Cabuya	1	Unidad	0.22	0.22
Equipos				5.97
Tanque de 200 l	1	Unidad	25	25
Bomba de mochila	1	Unidad	20	30
Flexómetro	1	Unidad	5	5
Calibrador pie de rey	1	Unidad	18	18
Azadones	2	Unidad	15	30
Balanza	1	Unidad	13.50	13.50
Insumos				30.26
Cal agrícola	12	kg	0.08	0.96
<i>Solanum phureja</i> (Semilla)	5.45	kg	0.24	1.31
Fertilizante	7.8	Kg	1	7.8
Compost	4.8	Kg	1	4.8
Bas Foliar	1	Lt	9.01	9.01
Funguicidas			6.38	6.38
Análisis				0.34
Análisis de suelo	1	Unidad	43	43
			Costo Total T6	\$61.90

Anexo 4. Análisis de suelo del sitio del experimento



LABONORT

LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

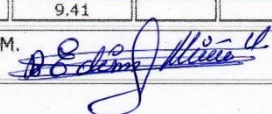
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS									
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD				
Nombre: Centro Experimental UPEC					Provincia: Carchi				
Ciudad: Huaca					Cantón: Huaca				
Teléfono: 0982501591					Parroquia:				
Fax:					Sitio: Centro Experimental UPEC				
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO				
Sitio: Centro Experimental UPEC					Nro Reporte.: 11762				
Superficie:					Tipo de Análisis: Completo + T				
Número de Campo: Muestra #1					Muestra: Suelo, muestra 1				
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso:				
A Cultivar:					Fecha de Reporte:				

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	43.75	ppm	
P	9.57	ppm	
S	10.00	ppm	
K	0.32	meq/100 ml	
Ca	8.27	meq/100 ml	
Mg	0.82	meq/100 ml	
			BAJO MEDIO ALTO
Zn	3.08	ppm	
Cu	0.87	ppm	
Fe	191.36	ppm	
Mn	2.81	ppm	
			BAJO MEDIO ALTO
B	0.32	ppm	
			BAJO MEDIO ALTO TOXICO
pH	5.05		
			0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0
			Acido Lig. Acido Pract. Neutro Lig. Alcalino Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
			BAJO MEDIO ALTO
Ce	0.160	mS/cm	
			No Salino Lig. Salino Salino Muy Salino
MO	14.50	%	
			BAJO MEDIO ALTO

Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural		
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla
10.09	2.56	28.41	9.41			53.20	36.00	10.80
						Franco arenoso		

Dr. Quim. Edison M. Miño M.

Responsable Laboratorio



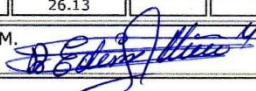


Anexo 5. Análisis de biol bovino UPEC



LABONORT

LABORATORIOS NORTE
Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS																																																																																																																	
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD																																																																																																												
Nombre: Centro Experimental San Francisco					Provincia: Carchi																																																																																																												
Ciudad:					Cantón: Tulcán																																																																																																												
Teléfono:					Parroquia: Santa Marta de Cuba																																																																																																												
Fax:					Sitio: Centro Experimental San Francisco																																																																																																												
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO																																																																																																												
Sitio: Centro Experimental San Francisco					Nro Reporte.: 11569																																																																																																												
Superficie:					Tipo de Análisis: Completo																																																																																																												
Número de Campo: BIOL BOVINO					Muestra: ORGÁNICA: BIOL																																																																																																												
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2023-08-17																																																																																																												
A Cultivar:					Fecha de Reporte: 2023-08-23																																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nutriente</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> <th>INTERPRETACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>195.0</td> <td>ppm</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>61.60</td> <td>ppm</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>248.0</td> <td>ppm</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>5.50</td> <td>meq/100 ml</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Ca</td> <td>11.60</td> <td>meq/100 ml</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Mg</td> <td>9.03</td> <td>meq/100 ml</td> <td> </td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> <tr> <td>Zn</td> <td>3.16</td> <td>ppm</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Cu</td> <td>1.28</td> <td>ppm</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Fe</td> <td>427.50</td> <td>ppm</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Mn</td> <td>31.08</td> <td>ppm</td> <td> </td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>1.13</td> <td>ppm</td> <td> </td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO TOXICO</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6.93</td> <td></td> <td> </td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: center;">0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: center;">Acido Lig. Acido Pract. Neutro Lig. Alcalino Alcalino</td> </tr> <tr> <td>Acidez Int. (Al+H)</td> <td></td> <td>meq/100 ml</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Al</td> <td></td> <td>meq/100 ml</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Na</td> <td></td> <td>meq/100 ml</td> <td> </td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> <tr> <td>Ce</td> <td>5.28</td> <td>mS/cm</td> <td> </td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: center;">No Salino Lig. Salino Salino Muy Salino</td> </tr> <tr> <td>MO</td> <td></td> <td>%</td> <td> </td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: center;">BAJO MEDIO ALTO</td> </tr> </tbody> </table>										Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION	N	195.0	ppm		P	61.60	ppm		S	248.0	ppm		K	5.50	meq/100 ml		Ca	11.60	meq/100 ml		Mg	9.03	meq/100 ml					BAJO MEDIO ALTO	Zn	3.16	ppm		Cu	1.28	ppm		Fe	427.50	ppm		Mn	31.08	ppm					BAJO MEDIO ALTO	B	1.13	ppm					BAJO MEDIO ALTO TOXICO	pH	6.93						0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0				Acido Lig. Acido Pract. Neutro Lig. Alcalino Alcalino	Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml		Al		meq/100 ml		Na		meq/100 ml					BAJO MEDIO ALTO	Ce	5.28	mS/cm					No Salino Lig. Salino Salino Muy Salino	MO		%					BAJO MEDIO ALTO
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION																																																																																																														
N	195.0	ppm																																																																																																															
P	61.60	ppm																																																																																																															
S	248.0	ppm																																																																																																															
K	5.50	meq/100 ml																																																																																																															
Ca	11.60	meq/100 ml																																																																																																															
Mg	9.03	meq/100 ml																																																																																																															
			BAJO MEDIO ALTO																																																																																																														
Zn	3.16	ppm																																																																																																															
Cu	1.28	ppm																																																																																																															
Fe	427.50	ppm																																																																																																															
Mn	31.08	ppm																																																																																																															
			BAJO MEDIO ALTO																																																																																																														
B	1.13	ppm																																																																																																															
			BAJO MEDIO ALTO TOXICO																																																																																																														
pH	6.93																																																																																																																
			0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0																																																																																																														
			Acido Lig. Acido Pract. Neutro Lig. Alcalino Alcalino																																																																																																														
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml																																																																																																															
Al		meq/100 ml																																																																																																															
Na		meq/100 ml																																																																																																															
			BAJO MEDIO ALTO																																																																																																														
Ce	5.28	mS/cm																																																																																																															
			No Salino Lig. Salino Salino Muy Salino																																																																																																														
MO		%																																																																																																															
			BAJO MEDIO ALTO																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ca</th> <th>Mg</th> <th>Ca+Mg</th> <th>(meq/100ml)</th> <th>%</th> <th>ppm</th> <th colspan="3">Clase Textural</th> </tr> <tr> <th>Mg</th> <th>K</th> <th>K</th> <th>Sum Bases</th> <th>NTot</th> <th>Cl</th> <th>Arena</th> <th>Limo</th> <th>Arcilla</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.28</td> <td>1.64</td> <td>3.75</td> <td>26.13</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural			Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	1.28	1.64	3.75	26.13																																																																																		
Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural																																																																																																											
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla																																																																																																									
1.28	1.64	3.75	26.13																																																																																																														
Dr. Quím. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio 																																																																																																																	



LABONORT
IBARRA - ECUADOR
ANALISIS QUÍMICOS SUELOS Y AGUAS

Anexo 6. Verificación de supuestos: Normalidad y Homogeneidad de varianzas

Tabla 24. Verificación de supuestos: Normalidad y homogeneidad de varianzas

VARIABLES	No.	NORMALIDAD		HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS	
		Prueba de Shapiro		Prueba de Bartlett	
		SI	NO	SI	NO
Altura de planta	1	0.8297		0.9901	
	2	0.6244		0.8689	
	3	0.9046		0.6978	
	4	0.1694		0.9385	
	5	0.1736		0.2502	
Número de tallos	1	0.8908		0.1974	
	2	0.9882		0.1053	
	3	0.6816		0.2338	
	4	0.925		0.4064	
	5	0.8962		0.4277	
Diámetro de tallo	1	0.6603		0.7994	
	2	0.2606		0.9969	
	3	0.5763		0.8736	
	4	0.5653		0.9411	
	5	0.8876		0.9848	
# Tubérculos C1 PN		0.8876		0.984	
# Tubérculos C2 PN		0.7693		0.7435	
# Tubérculos C3 PN		0.2294		0.3193	
# Tubérculos PN		0.8255		0.3383	
Peso prom C1 PN		0.2508		0.4714	
Peso prom C2 PN		0.6353		0.9106 - 0.9196	
Peso prom C3 PN		0.7435		0.8843	
Rendimiento C1 ha		0.327		0.2698 - 0.864	
Rendimiento C2 ha		0.06022		0.7439 - 0.718	
Rendimiento C3 ha		0.09858		0.6608	
Rendimiento ha		0.8131		0.744	

Anexo 7. Script para realizar el análisis estadístico en R Studio de un DBCA con arreglo factorial

```
# Instalar librerías 1 sola vez
install.packages("tidyverse")
# Activar librería
library(agricolae)
# Cargar los datos
dbca <- read.delim("clipboard", header=TRUE, colClasses=c("factor", "factor", "factor",
"numeric"))
attach(dbca)
str(dbca)
summary(dbca)
boxplot(Corte.1 ~ Bioest * Fert)
# Ejecutar el ANOVA
anova <- aov(Corte.1 ~ Bloq + Fert * Bioest, data=dbca)
summary(anova)
cv.model(anova)
# Supuestos
plot(anova, 2)
shapiro.test(residuals(anova))
shapiro.test(anova$residuals)
plot(anova, 1)
bartlett.test(Corte.1 ~ Bioest, data=dbca)
bartlett.test(Corte.1 ~ Fert, data=dbca)
bartlett.test(Corte.1 ~ interaction(Bioest, Fert), data=dbca)
# Duncan para cada factor
duncan_test_fert <- duncan.test(anova, "Fert", console=TRUE)
duncan_test_Bioest <- duncan.test(anova, "Bioest", console=TRUE)
# Duncan para la interacción
duncan_test_interaction <- duncan.test(y=Corte.1,
                                     trt=interaction(Bioest, Fert),
                                     DError=anova$df.residual,
                                     MSError=deviance(anova)/anova$df.residual,
                                     group=TRUE,
                                     console=TRUE)
```