



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica

**Efecto de dos tipos de citoquininas en la producción de papa en condiciones del valle
de Huaral**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

Autor

Luis Fernando Quezada Blas

Asesor

Dr. Dionicio Belisario Luis Olivas




DIONICIO BELISARIO LUIS OLIVAS
INGENIERO AGRONOMO
CIP N° 066110

Huacho-Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales.

Sin Derivadas: Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica

METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Quezada Blas Luis Fernando	75213138	11/05/2026
DATOS DEL ASESOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Dr. Luis Olivas Dionicio Belisario	15651224	https://orcid.org/0000-0002-5367-5285
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CODIGO ORCID
Dr. Contreras Liza Sergio Eduardo	08787108	https://orcid.org/0000-0002-6895-4332
Mg. Sc. Mendoza Nieto Eroncio	06723932	https://orcid.org/0000-0002-4850-2777
Mg. Sc. Goñy Ameri Luis Alberto	15736762	https://orcid.org/0000-0001-9468-8253

027319 Luis Fernando Quezada Blas

Efecto de dos tipos de citoquininas en la producción de papa en condiciones del valle de Huaral

UI-FIAIAYA PREGRADO 2026
Unidad de Investigación FIAIAYA-2026
Facultad de Ingeniería Agrarias, Industrias Alimentarias y Ambiental

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trnoid:::1:3539767611

Fecha de entrega

16 abr 2026, 9:39 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

16 abr 2026, 9:50 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

Borrador_de_tesis_-_Quezada.pdf

Tamaño del archivo

1.5 MB

72 páginas

18.176 palabras

103.271 caracteres



Página 2 de 80 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trnoid:::1:3539767611

19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 18% Fuentes de Internet
- 5% Publicaciones
- 10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad De Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias Y
Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica

**Efecto de dos tipos de citoquininas en la producción de papa en condiciones del valle
de Huaral**

Jurado evaluador:



Dr. Sergio Eduardo Contreras Liza

Presidente



Mg. Sc. Eroncio Mendoza Nieto

Secretario



Mg. Sc. Luis Alberto Goñy Ameri

Vocal



DIONICIO BELISARIO LUIS OLIVAS
INGENIERO AGRÓNOMO
CIP N° 066110

Dr. Dionicio Belisario Luis Olivas

Asesor

Huacho - Perú

2026

DEDICATORIA

A Dios, nuestro Padre, por concederme la fortaleza necesaria para afrontar las adversidades de la vida y por iluminar mi camino con sabiduría, guiándome siempre por la senda del bien.

Con profundo amor y gratitud a mis padres, quienes con su esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional hicieron posible que alcanzara mis metas, brindándome ánimo y sostén incluso en los momentos en que parecía que el camino llegaba a su fin.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad y a mis docentes, por transmitir sus valiosos conocimientos científicos, así como por la paciencia, confianza y dedicación brindadas, las cuales han sido fundamentales para mi formación profesional y personal.
- A mis amigos, con quienes compartí momentos de alegría y también de dificultad, fortaleciendo lazos de compañerismo y apoyo mutuo.
- A mi asesor, Ing. Dionicio Luis Olivas, por su constante orientación, apoyo y disposición durante el desarrollo de esta tesis, así como por compartir sus conocimientos, tiempo y paciencia, contribuyendo de manera decisiva a la culminación de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Descripción de la realidad problemática	3
1.2 Formulación del problema.....	4
1.2.1 Problema general	4
1.2.2 Problemas específicos.....	4
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Justificación de la investigación	5
1.5 Delimitación del estudio.....	6
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1 Antecedentes internacionales	7
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	10
2.2 Bases Teóricas	12
2.2.1 Generalidades del cultivo de la papa	12
2.2.2 Citoquininas.....	14
2.2.3 Productos de acción hormonal.....	16
2.3 Definición de términos básicos.....	17
2.4 Hipótesis de investigación	18
2.4.1 Hipótesis General	18
2.4.2 Hipótesis Específicas	18
2.5 Operacionalización de las variables	19
CAPITULO III. METODOLOGÍA.....	20
3.1 Diseño metodológico	20
3.1.1 Ubicación.....	20
3.1.2 Características del área experimental	21
3.1.3 Tratamientos	23
3.1.4 Diseño experimental.....	23
3.1.5 Variables a evaluar	24
3.1.6 Conducción del experimento	24
3.2 Técnicas para el procesamiento de la información.....	25

CAPITULO IV. RESULTADOS	26
4.1 Características de rendimiento.....	26
4.2 Rendimiento	41
CAPITULO V. DISCUSIONES.....	46
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
CAPITULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

INDICE DE TABLAS

Tabla1. Tratamientos estudiados	23
Tabla2. Análisis de varianza.....	23
Tabla3. Analisis de varianza para número de tallos por planta	26
Tabla4. Análisis de efectos simples de fuente dentro de cada nivel de dosis para número de tallos por planta	27
Tabla5. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 600 mL/200 L.....	27
Tabla6. Análisis de efectos simples de dosis dentro de cada nivel de fuente para número de tallos por planta	28
Tabla7. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Cythor	28
Tabla8. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Triggrr foliar	28
Tabla9. Analisis de varianza para número de tubérculos por tallo-primera.....	29
Tabla10. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes.....	29
Tabla11. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis	29
Tabla12. Analisis de varianza para número de tubérculos por tallo-segunda	30
Tabla13. Análisis de efectos simples de fuente dentro de cada nivel de dosis para número de tubérculos por tallo-papa segunda	31
Tabla14. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 200 mL/200 L.....	31
Tabla15. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 400 mL/200 L.....	31
Tabla16. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 600 mL/200 L.....	31
Tabla17. Análisis de efectos simples de dosis dentro de cada nivel de fuente para número de tuberculos por tallo-papa segunda	32
Tabla18. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Cythor	32
Tabla19. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Triggrr foliar	32
Tabla20. Analisis de varianza para número de tubérculos por tallo.....	33

Tabla21. Análisis de efectos simples de fuente dentro de cada nivel de dosis para número de tubérculos por tallo	34
Tabla22. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 400 mL/200 L.....	34
Tabla23. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 600 mL/200 L.....	34
Tabla24. Análisis de efectos simples de dosis dentro de cada nivel de fuente para número de tubérculos por tallo	35
Tabla25. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Cythor	35
Tabla26. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Triggrr foliar	35
Tabla27. Analisis de varianza para peso de tubérculos por tallo-primera.....	36
Tabla28. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuente	36
Tabla29. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis	36
Tabla30. Analisis de varianza para peso de tubérculos por tallo-segunda	37
Tabla31. Análisis de efectos simples de fuente dentro de cada nivel de dosis para peso de tubérculos por tallo-segunda.....	37
Tabla32. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 200 mL/200 L.....	37
Tabla33. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 400 mL/200 L.....	38
Tabla34. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 600 mL/200 L.....	38
Tabla35. Análisis de efectos simples de dosis dentro de cada nivel de fuente para peso de tubérculos por tallo-segunda.....	38
Tabla36. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Cythor	38
Tabla37. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Triggrr foliar	39
Tabla38. Analisis de varianza para peso de tubérculos por tallo.....	39
Tabla39. Análisis de efectos simples de fuente dentro de cada nivel de dosis para peso de tubérculos por tallo	40

Tabla40. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 600 mL/200 L.....	40
Tabla41. Análisis de efectos simples de dosis dentro de cada nivel de fuente para peso de tubérculos por tallo	40
Tabla42. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Triggrr foliar	41
Tabla43. Analisis de varianza para rendimiento-Primera (t ha ⁻¹).....	41
Tabla44. Analisis de varianza para rendimiento-Segunda	42
Tabla45. Análisis de efectos simples de fuente dentro de cada nivel de dosis para peso de tubérculos por tallo	43
Tabla46. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 200 mL/200 L.....	43
Tabla47. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 400 mL/200 L.....	43
Tabla48. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 600 mL/200 L.....	43
Tabla49. Análisis de efectos simples de dosis dentro de cada nivel de fuente para rendimiento en categoría segunda	44
Tabla50. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Triggrr foliar	44
Tabla51. Analisis de varianza para rendimiento total	44
Tabla52. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuente	45
Tabla53. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis	45

Indice de figura

Figura 1	56
Figura 2	56
Figura 3	57
Figura 4	57
Figura 5	58
Figura 6	58

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto de dos tipos de citoquininas en la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones del valle de Huaral, Lima, Perú. **Metodología:** El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental factorial de 2×3 , dispuesto en un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con cuatro repeticiones. Los factores estudiados fueron: Factor 1-Fuente: Triggrr foliar (kinetina) y Cythor (6-benzylaminopurine); y el Factor 2-Dosis: 200, 400 y 600 mL/200 L de agua. Las aplicaciones se realizaron a los 50 y 60 días después de la siembra. El área de la unidad experimental fue de 14,04 m². Las variables analizadas fueron número de tallos por planta, número y peso de tubérculos por tallo, peso promedio de tubérculos y rendimiento total por hectárea. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANVA) y a la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%. Este enfoque permitió determinar el efecto individual y combinado de los factores fuente y dosis sobre los componentes del rendimiento. **Resultados:** Los resultados mostraron que las citoquininas influyeron significativamente en la mayoría de las variables evaluadas, observándose que la dosis de 400 mL/200 L de agua generó los valores más altos en número y peso de tubérculos por tallo, así como en el rendimiento total, alcanzando un promedio de 48.132 t ha⁻¹. En tanto, la fuente de citoquinina no presentó diferencias significativas en el rendimiento total, aunque Triggrr foliar evidenció una tendencia superior en variables intermedias de crecimiento. Asimismo, la interacción fuente \times dosis resultó significativa en varias variables, indicando que la respuesta del cultivo depende de la combinación adecuada de ambos factores. **Conclusión:** Se concluye que la aplicación de citoquininas, especialmente a dosis intermedias, constituye una práctica efectiva para incrementar la productividad del cultivo de papa sin afectar su equilibrio fisiológico. La dosis de 400 mL/200 L se determinó como la más eficiente para las condiciones del valle de Huaral.

Palabras clave: *Solanum tuberosum*, citoquininas, Cythor, Triggrr foliar, dosis.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of two types of cytokinins on potato (*Solanum tuberosum* L.) production under the conditions of the Huaral Valley, Lima, Peru. **Methodology:** The study was conducted using a 2×3 factorial experimental design, arranged in a Randomized Complete Block Design (RCBD) with four replications. The factors studied were: Factor 1 – Source: Foliar Triggrr (kinetin) and Cythor (6-benzylaminopurine); and Factor 2 – Dose: 200, 400, and 600 mL/200 L of water. Applications were made 50 and 60 days after planting. The experimental unit area was 14.04 m². The variables analyzed were the number of stems per plant, the number and weight of tubers per stem, the average tuber weight, and the total yield per hectare. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test for mean comparison at the 5% significance level. This approach allowed us to determine the individual and combined effect of the source and dose factors on the yield components. **Results:** The results showed that cytokinins significantly influenced most of the variables evaluated. The dose of 400 mL/200 L of water resulted in the highest values for the number and weight of tubers per stem, as well as for total yield, reaching an average of 48.132 t ha⁻¹. Meanwhile, the cytokinin source did not show significant differences in total yield, although foliar application of Triggrr showed a superior trend in intermediate growth variables. Furthermore, the source \times dose interaction was significant in several variables, indicating that the crop response depends on the appropriate combination of both factors. **Conclusion:** It is concluded that the application of cytokinins, especially at intermediate doses, is an effective practice for increasing potato crop productivity without affecting its physiological balance. The dose of 400 mL/200 L was determined to be the most efficient for the conditions of the Huaral Valley.

Keywords: *Solanum tuberosum*, cytokinins, Cythor, foliar Triggrr, dose.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) constituye uno de los pilares fundamentales de la seguridad alimentaria mundial, debido a su elevado valor nutricional, su adaptabilidad a diversas condiciones agroecológicas y su papel socioeconómico en zonas rurales. En el Perú, la papa representa el cultivo de mayor importancia alimentaria y cultural, siendo cultivada en más de 300 mil hectáreas distribuidas en la sierra y costa, y proporcionando sustento directo a más de 700 mil familias productoras (Contreras-Liza et al., 2019). La productividad del cultivo, sin embargo, se ve afectada por múltiples factores bióticos y abióticos, entre los que destacan el estrés hídrico, la degradación del suelo, el manejo inadecuado de nutrientes y la escasa incorporación de tecnologías fisiológicas que mejoren el rendimiento y la calidad del tubérculo (Perez et al., 2024).

Dentro del manejo agronómico moderno, el uso de bioestimulantes hormonales, como las citoquininas, ha cobrado relevancia por su capacidad de regular procesos fisiológicos esenciales, como la división y diferenciación celular, la expansión foliar y la tuberización. Las citoquininas, particularmente la bencilaminopurina (BAP) y sus derivados, actúan en conjunto con las auxinas para equilibrar el crecimiento vegetativo y reproductivo, favoreciendo el desarrollo de tubérculos más uniformes y de mayor peso. Su aplicación exógena en papa ha demostrado incrementar el número de tallos por planta, el peso de los tubérculos y el rendimiento total, especialmente cuando se utilizan en concentraciones intermedias y en momentos fenológicos claves del cultivo (Abouelsaad & Brengi, 2022).

Investigaciones recientes en sistemas productivos de la región Lima y otras zonas andinas del Perú destacan la necesidad de incorporar tecnologías sostenibles basadas en la regulación fisiológica de los cultivos, como una alternativa a la dependencia excesiva de fertilizantes químicos y pesticidas. El uso de citoquininas se inscribe dentro de esta tendencia, ya que permite mejorar la eficiencia fisiológica de la planta, optimizar la movilización de fotoasimilados y, en consecuencia, aumentar el rendimiento sin alterar el equilibrio ecológico del agroecosistema (Contreras-Liza et al., 2019).

Además, estudios sobre el crecimiento y la fisiología de la papa han demostrado que las respuestas a los reguladores de crecimiento varían según la variedad, la fuente hormonal y la dosis aplicada. Por ejemplo, Rojas et al. (2013) evidenciaron que las diferencias en la biomasa aérea y subterránea de los cultivares se asocian con la capacidad de asimilación y

distribución de fotoasimilados, procesos estrechamente modulados por el balance hormonal y las condiciones ambientales (Rojas et al., 2013). De igual modo, Julio et al. (2018) destacan que la incorporación de tecnologías fisiológicas, como el uso de reguladores de crecimiento, ha permitido ampliar la frontera agrícola de la papa en zonas de mayor estrés climático, favoreciendo la adaptación de cultivares y la estabilidad productiva (Julio et al., 2018).

En este contexto, el presente estudio se planteó con el propósito de determinar el impacto de diferentes fuentes y concentraciones de citoquininas sobre la producción de papa.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos de mayor relevancia alimentaria y económica a nivel mundial, y en el Perú, país considerado centro de origen de este tubérculo, constituye un producto fundamental para la seguridad alimentaria y la economía rural. Sin embargo, en regiones como el valle de Huaral, en la costa central, la producción de papa enfrenta importantes limitaciones derivadas de condiciones edafoclimáticas variables, disponibilidad hídrica restringida y prácticas de manejo agronómico que en muchos casos no incorporan herramientas basadas en fisiología vegetal. Estas limitaciones repercuten en la eficiencia de la tuberización, en la uniformidad de la producción y en la calidad final del producto.

Dentro de los mecanismos fisiológicos que regulan la productividad de la papa, las fitohormonas juegan un papel decisivo. En particular, las citoquininas como la 6-Bencilaminopurina (BAP) y la Kinetina se han identificado como moléculas clave en la división celular, la expansión foliar, la fotosíntesis y el retraso de la senescencia, todos procesos que inciden de manera directa en la formación y el llenado de los tubérculos. En ensayos de campo, la aplicación foliar de BAP en combinación con ácido giberélico ha demostrado incrementar significativamente el número de tubérculos en diferentes cultivares de papa, tanto en condiciones de invernadero como a nivel de campo abierto (Badizadegan et al, 1972). Del mismo modo, se ha observado que el uso de BAP y Kinetina puede mejorar parámetros fisiológicos como el peso fresco de las plantas, el contenido de clorofila y los niveles de nitrógeno en hojas, lo cual se traduce en tubérculos de mayor tamaño y en un rendimiento global más alto (Abouelsaad y Brengi, 2022).

El efecto positivo de estas hormonas no se limita únicamente al crecimiento vegetativo. En ambientes cálidos, donde el estrés térmico limita la tuberización, la combinación de BAP con paclobutrazol ha logrado mejorar el número de tubérculos, su peso y el contenido de almidón, lo que evidencia el potencial de estas sustancias para mitigar condiciones de estrés abiótico. Asimismo, investigaciones han demostrado que el uso de reguladores de crecimiento como la BAP permite mantener por más tiempo la cobertura foliar y una tasa fotosintética activa, lo que incrementa la acumulación de fotoasimilados y contribuye a un mayor rendimiento final (Caldiz et al, 1998).

Otra línea de investigación relevante es la propagación in vitro. La combinación de BAP con Kinetina ha demostrado ser eficaz en la multiplicación de brotes en variedades locales de papa, incrementando la tasa de propagación y facilitando la obtención de material vegetal de calidad para el establecimiento en campo (Mahmud et al, 2021). Igualmente, la aplicación de BAP en tratamientos de inmersión de tubérculos ha permitido liberar la dormancia y favorecer la brotación, lo que constituye una práctica útil para sincronizar la siembra y mejorar la homogeneidad del cultivo (Siregar et al, 2021).

Pese a esta evidencia internacional y regional, en el valle de Huaral no existen investigaciones publicadas que comparen de manera directa los efectos de la BAP y la Kinetina sobre la producción de papa bajo sus condiciones agroclimáticas particulares. Mientras que en otros cultivos de la zona, como el pepinillo, la aplicación de citoquininas ha mostrado incrementos en el rendimiento y en el contenido de macronutrientes (Obregón 2022), el cultivo de papa no ha sido abordado desde esta perspectiva tecnológica. Esta falta de información local limita la toma de decisiones de los agricultores y restringe el potencial productivo del valle, a pesar de que la evidencia científica indica que el uso de estas hormonas podría ser decisivo para mejorar el rendimiento y la calidad de la papa.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de la aplicación de dos tipos de citoquininas en la producción de papa en condiciones del valle de Huaral?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo influye la aplicación de dos tipos de citoquininas en las características productivas del cultivo de papa?
- ¿Qué efecto tienen los dos tipos de citoquininas en el rendimiento del cultivo de papa?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de dos tipos de citoquininas en la producción de papa en condiciones del valle de Huaral.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la aplicación de dos tipos de citoquininas en las características productivas del cultivo de papa en condiciones del valle de Huaral.
- Analizar la influencia de dos tipos de citoquininas en el rendimiento del cultivo de papa en condiciones del valle de Huaral.

1.4 Justificación de la investigación

- a) Conveniencia:** La investigación sobre el efecto de dos tipos de citoquininas (6-Bencilaminopurina y Kinetina) en el cultivo de papa en el valle de Huaral resulta conveniente porque busca aportar evidencia científica local que permita optimizar la productividad de un cultivo estratégico para el Perú. Si bien existen estudios internacionales sobre el uso de estas hormonas en papa y otros cultivos, aún no se cuenta con información específica para las condiciones agroclimáticas del valle de Huaral, lo cual genera una brecha de conocimiento que esta investigación pretende cubrir.
- b) Relevancia social:** La papa es un alimento de primera necesidad en la dieta peruana y un cultivo de gran importancia económica para los pequeños y medianos agricultores. Mejorar su rendimiento mediante el uso racional de reguladores de crecimiento tiene un impacto directo en la seguridad alimentaria y en la economía local. Los resultados de este trabajo podrían contribuir a que los agricultores de Huaral incrementen su productividad, mejoren la calidad de sus cosechas y accedan a mejores ingresos, generando un beneficio social amplio en la región.
- c) Implicaciones prácticas:** Desde una perspectiva aplicada, esta investigación ofrecerá información sobre el tipo de citoquinina más adecuada para mejorar características morfológicas, de rendimiento y de productividad de la papa en condiciones locales. Los resultados podrían ser utilizados para formular

recomendaciones técnicas específicas que permitan a los agricultores mejorar la eficiencia del cultivo, reducir costos de producción y aprovechar al máximo los recursos disponibles.

- d) Utilidad metodológica:** El diseño experimental de este estudio, que contempla la evaluación de dimensiones como morfología, características de rendimiento y productividad total, servirá como referencia metodológica para futuras investigaciones relacionadas con el uso de reguladores de crecimiento en otros cultivos. Además, el análisis comparativo entre la BAP y la Kinetina generará información valiosa para investigadores, agrónomos y técnicos que trabajan en fisiología vegetal aplicada.

1.5 Delimitación del estudio

- a) Delimitación espacial:** El estudio se desarrollará en parcelas experimentales ubicadas en el valle de Huaral, provincia de Huaral, departamento de Lima, Perú, una zona caracterizada por condiciones agroclimáticas costeras con influencia andina.
- b) Delimitación temporal:** La investigación se llevará a cabo durante una campaña agrícola, considerando todas las etapas fenológicas del cultivo de papa, desde la siembra hasta la cosecha, lo que permitirá evaluar de manera integral los efectos de las citoquininas aplicadas.
- c) Delimitación de contenido:** El estudio se centrará exclusivamente en evaluar el efecto de dos tipos de citoquininas (6-Bencilaminopurina y Kinetina) sobre variables divididas en tres dimensiones:
- Características morfológicas (altura de planta, peso de follaje fresco y seco, peso de tubérculos).
 - Características de rendimiento (número de tallos por planta, número de tubérculos por tallo y peso de tubérculo).
 - Rendimiento (rendimiento comercial y rendimiento total).

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Badizadegan et al. (1972) investigaron el efecto de la N 6 benciladenina sobre el crecimiento vegetativo y la producción de tubérculos en papa. Para ello aplicaron 0, 10, 20 y 30 ppm de N₁₃ y 1, 2 y 3 aplicaciones en una variedad de papa de verano mediante un experimento factorial. Como resultado de la investigación encontraron que la benciladenina a dosis de 10 a 20 ppm, independientemente del número de aplicaciones, aumentó significativamente el número de brotes por planta. Mencionan los autores que esto se observó a los 20 días de la primera aplicación. Asimismo, refieren que dos aplicaciones, independientemente de la concentración, y una combinación de dos aplicaciones y una concentración de 20 ppm aumentaron significativamente la longitud total de los brotes principales. Concluyen que no se observaron cambios significativos en la producción de tubérculos.

Mahmud et al (2021) investigadores *Immersion in 6-Benzylaminopurine for Dormancy Release and Initiation of Potato Sprouts at Various Tuber Weight and Storage Duration, Indonesia*, el estudio tuvo como objetivo evaluar cómo influyen el peso del tubérculo y la duración del almacenamiento previo a la inmersión en 6-bencilaminopurina (BAP) sobre la ruptura de la latencia y la brotación en semillas de papa. La investigación se realizó entre noviembre de 2018 y enero de 2019 en el almacén de semillas UPT Horticulture Parent Seed Kutagadung Berastagi, aplicando un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial, considerando cuatro rangos de peso de tubérculo y cinco periodos de almacenamiento antes de la inmersión en BAP. Los resultados demostraron que tanto el peso como el tiempo de almacenamiento, así como su interacción, influyeron significativamente en la reducción del tiempo de latencia, el porcentaje y la velocidad de germinación, así como en el número y la longitud de los brotes. En general, los tubérculos más pesados y con mayor tiempo de almacenamiento previo a la inmersión en BAP favorecieron una brotación más rápida y vigorosa. En conclusión, la combinación adecuada del peso del tubérculo y el periodo de almacenamiento constituye una estrategia eficaz para mejorar la liberación de la latencia y optimizar la producción de semilla de papa de calidad.

Tulshiram et al (2021) investigaron Effect of Growth Regulators on In Vitro Micropropagation of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Gudiene and Belete Varieties from Ethiopia, el estudio tuvo como objetivo desarrollar un protocolo eficiente de propagación in vitro de papa para las variedades Belete y Gudiene, empleando yemas laterales como explantos. Para ello, se inocularon yemas en medio Murashige y Skoog (MS) suplementado con diferentes concentraciones de BAP y NAA, utilizando como control el medio basal MS. Los resultados mostraron que la mejor iniciación de brotes se obtuvo en la variedad Gudiene con 1,5 mg/l de BAP y 3,0 mg/l de NAA, mientras que en la variedad Belete la combinación más efectiva fue 1,0 mg/l de BAP y 2,0 mg/l de NAA. Durante el subcultivo, el número de brotes aumentó hasta tres veces, destacando el medio MS con 2,5 mg/l de kinetina como el más eficiente para generar brotes múltiples, aunque la combinación de BAP y kinetina no mejoró la multiplicación. En la etapa de enraizamiento, el medio con 1,0 mg/l de AIB y 0,5 mg/l de AIA presentó los mejores resultados en porcentaje y número de raíces por brote. En conclusión, la variedad Gudiene fue superior en iniciación y enraizamiento, mientras que Belete sobresalió en la producción de brotes múltiples. Además, el 82,66% de las plántulas logró aclimatarse en condiciones de campo, lo que confirma la efectividad del uso de yemas laterales para la micropropagación de papa in vitro.

Abouelsaad y Brengi (2022) evaluaron effects of cytokinin types and concentrations on potato growth, yield, and quality under field conditions, Egipto, el estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes tipos y concentraciones de citoquininas (BAP, CPPU y kinetina) sobre el rendimiento y la calidad de la papa cultivada en suelo franco arenoso. Para ello se desarrollaron dos experimentos de campo en los que se aplicaron distintas dosis de estas reguladores de crecimiento. Los resultados mostraron que el uso de BAP, especialmente a 40 ppm, favoreció significativamente el peso fresco de las plantas, el contenido de clorofila y el nivel de nitrógeno en las hojas, sin afectar el contenido de potasio. En los tubérculos, la aplicación de citoquininas incrementó los niveles de fósforo y potasio, mientras que el número de tubérculos no presentó variaciones notorias. No obstante, se evidenció un aumento en el peso promedio y total de los tubérculos por planta, así como en el rendimiento global, siendo más marcado con BAP a 40 ppm. Asimismo, CPPU y kinetina promovieron mayor producción de almidón y menor contenido de azúcares, en tanto que BAP en dosis altas elevó el nivel de proteínas y ácido ascórbico en los tubérculos. En conclusión, el estudio demostró que las citoquininas influyen de manera positiva en el

crecimiento, el rendimiento y ciertos aspectos de la calidad de la papa, destacando BAP a 40 ppm como el tratamiento más favorable.

Mubarok et al (2022) investigaron paclobutrazol and benzylaminopurine improve potato yield grown under high temperatures in lowland and medium land, Indonesia, el estudio tuvo como propósito evaluar el efecto de los reguladores de crecimiento paclobutrazol y bencilaminopurina (BAP) sobre el desarrollo y rendimiento de papa cultivada en condiciones de altas temperaturas, tanto en tierras bajas como medias de Indonesia. Para ello, se utilizó un diseño de parcelas divididas, considerando como parcela principal la altitud de cultivo (baja y media) y como subparcela los tratamientos: control, paclobutrazol (100 mg L^{-1}), BAP (50 mg L^{-1}) y la combinación de ambos reguladores. Los resultados mostraron que el cultivo en tierras bajas presentó menor crecimiento y rendimiento en comparación con las tierras medias. Sin embargo, la aplicación de paclobutrazol y BAP mejoró de manera significativa el número y peso de tubérculos, así como el contenido de almidón. En conclusión, el uso de estos reguladores de crecimiento constituye una estrategia eficaz para contrarrestar las limitaciones ambientales asociadas a la producción de papa en zonas de bajas y medias altitudes.

Chun et al (2024) investigaron Cytokinin-mediated enhancement of potato growth and yield by *Verticillium Dahliae* effector VDAL under low temperature stress, Polonia, el propósito de esta investigación fue evaluar el efecto de la proteína similar a AspF2 (VDAL), secretada por *Verticillium dahliae*, en el crecimiento y rendimiento de la papa, así como su relación con la regulación hormonal. Para ello se realizaron ensayos en invernadero y en campo, aplicando VDAL a tubérculos de semilla prebásica (PBS) y analizando posteriormente el desarrollo de los tejidos, la producción de tubérculos, el perfil transcriptómico y la dinámica de fitohormonas endógenas. Los resultados demostraron que VDAL favoreció la brotación de los tubérculos, estimuló el crecimiento tanto aéreo como subterráneo y aumentó el rendimiento hasta en un 18,97%. Además, se observó que los tubérculos tratados presentaron mayor tolerancia al frío de finales de primavera, efecto que disminuyó con la aplicación de lovastatina, inhibidor de citoquininas. Los análisis transcriptómicos y hormonales sugieren que la citoquinina desempeña un papel central en la respuesta de crecimiento inducida por VDAL. En conclusión, el estudio evidencia que la aplicación de VDAL constituye una estrategia prometedora para mejorar la producción y la resiliencia de la papa, especialmente

en condiciones de bajas temperaturas, mediante un mecanismo asociado a la acción de citoquininas.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Soto (2019) desarrolló su investigación titulada efecto de las diferentes dosis de citoquininas en la multiplicación in vitro en dos variedades de papas amargas Solanum SP.-2019, Huaraz, El objetivo de esta investigación fue establecer un protocolo de desinfección de explantes y evaluar el efecto de las citoquininas BAP (bencilaminopurina) y KIN (kinetina) en la multiplicación in vitro de dos variedades de papa amarga en peligro de desaparición: Ñuñu suntu y Waña. Para ello, se trabajó con yemas axilares desinfectadas con dos concentraciones de hipoclorito de sodio (0,75 % y 1 %), sin encontrarse diferencias significativas en los porcentajes de contaminación y supervivencia entre ambas dosis ni entre las variedades. Posteriormente, se evaluó durante cuatro semanas el efecto de las fitohormonas en el crecimiento de plántulas, observándose que tanto BAP como KIN ejercieron un efecto inhibitorio al retrasar el desarrollo de tallos, hojas y raíces. El BAP presentó un efecto más fuerte, impidiendo la formación de raíces, mientras que en KIN se evidenció que mayores concentraciones reducen el crecimiento radicular. En cuanto al comportamiento varietal, Ñuñu suntu respondió mejor con KIN en la formación de la parte aérea, mientras que Waña mostró mejor reacción con BAP y mayor vigor en el desarrollo radicular bajo ambos reguladores. En conclusión, aunque estas hormonas no favorecen la multiplicación rápida de papa amarga, pueden resultar útiles para retrasar el envejecimiento y conservar plántulas in vitro por periodos prolongados.

Camacho (2019) desarrolló su investigación titulada regímenes de riego y momentos de aplicación de citoquininas en papa (Solanum tuberosum) var. unica, bajo goteo, Lima, el estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la interacción entre distintos momentos de aplicación de citoquininas y diferentes regímenes de riego sobre el rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum), empleando un diseño experimental de parcelas divididas con bloques, donde los regímenes de riego se distribuyeron en las parcelas principales y los momentos de aplicación en las subparcelas. Se evaluaron tres niveles de riego (150, 250 y 350 mm/campaña) y tres momentos de aplicación de citoquininas: una vez (25 días después de la emergencia), dos veces (25 y 50 días) y tres veces (25, 50 y 75 días). Los resultados mostraron que el mayor rendimiento se obtuvo con 250 mm de riego (26,321 kg/ha), estadísticamente similar a 350 mm (25,931 kg/ha), mientras que el menor rendimiento

correspondió a 150 mm (17,438 kg/ha). En cuanto a los momentos de aplicación, la mayor productividad se logró con tres aplicaciones (24,648 kg/ha), seguida de dos aplicaciones (23,273 kg/ha), ambas superiores al testigo sin aplicación (22,211 kg/ha). En conclusión, se determinó que la combinación de un riego de 250 mm y la aplicación de citoquininas en tres momentos del ciclo vegetativo optimiza el rendimiento del cultivo de papa.

López et al (2020) evaluaron concentraciones de 6-Bencilaminopurina en la propagación in vitro de *Solanum tuberosum* var. Cochacina, en sistemas líquidos estacionario y en agitación, Trujillo, el estudio tuvo como objetivo determinar la concentración adecuada de 6-bencilaminopurina (BAP) y el sistema de cultivo líquido más apropiado, ya sea estacionario o en agitación, para la propagación in vitro de *Solanum tuberosum* var. Cochacina, una papa nativa de alto valor genético y cultural. La fase experimental se desarrolló en laboratorio, donde se sembraron esquejes en medio basal MS suplementado con distintas concentraciones de BAP, bajo un diseño completamente al azar. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas en las variables altura y número de tallos; sin embargo, el sistema estacionario sin adición de BAP (0 ppm) registró los mejores valores, alcanzando 5,8 cm de altura y un promedio de 15 tallos. En conclusión, el tratamiento más eficiente para la propagación in vitro de la variedad Cochacina fue el sistema líquido estacionario sin la incorporación de BAP, lo que representa una alternativa viable para la conservación y multiplicación de este recurso nativo en riesgo de extinción.

Obregón (2021) desarrollaron una investigación que tuvo como el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la citoquinina sobre el contenido de macronutrientes en las hojas del cultivo de pepinillo, aplicando un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos (0; 2,50; 5,00 y 7,50 mL L⁻¹ del producto comercial Stimplex-G, que contiene 0,01% de citoquinina) y tres repeticiones, con unidades experimentales de 6 m². Se evaluaron los contenidos foliares de nitrógeno, fósforo y potasio, además del número de frutos por planta y el rendimiento total, analizando los datos mediante ANOVA y la prueba de Duncan al 5% de significancia. Los resultados indicaron que la aplicación foliar de citoquinina incrementó significativamente los contenidos de N, P y K en las hojas, así como el número de frutos y el rendimiento, en comparación con el testigo. No se encontraron diferencias estadísticas entre las dosis de 5,00 y 7,50 mL L⁻¹, lo que sugiere que la respuesta se estabiliza a partir de 5,00 mL L⁻¹. En conclusión, el uso foliar de citoquinina favorece la

absorción de nutrientes y mejora la productividad del pepinillo, contribuyendo a un mayor rendimiento del cultivo.

Ventocilla (2024) evaluó el efecto de los reguladores de crecimiento en la multiplicación in vitro de papa (*Solanum tuberosum* Var. Bicentenaria) el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de distintos reguladores de crecimiento en la multiplicación in vitro de *Solanum tuberosum* L., variedad Bicentenaria. El diseño experimental se desarrolló en dos fases: en la etapa de inicio se establecieron explantes en medio Murashige & Skoog (MS) bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y fotoperiodo; mientras que en la fase de multiplicación se seleccionaron plántulas con al menos dos hojas y 5 cm de altura, evaluando posteriormente la formación de brotes, el desarrollo de raíces y el crecimiento general. Los explantes vigorosos se subcultivaron y se analizaron estadísticamente mediante ANOVA. Los resultados indicaron que el tratamiento con 1,5 ppm de ácido giberélico (AG) favoreció el mayor número de hojas y la mayor altura de plántulas, mientras que las concentraciones de 0,5 y 1 ppm de AG también mostraron diferencias significativas respecto a otros tratamientos. Por su parte, las aplicaciones de AIA y AG promovieron la formación de raíces, aunque no se observaron diferencias en cuanto a la longitud de las mismas. En conclusión, se estableció un protocolo eficiente de micropropagación para la variedad Bicentenaria, demostrando que el uso de reguladores de crecimiento permite optimizar la propagación in vitro de este cultivo.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Generalidades del cultivo de la papa

Descripción botánica de la especie

La caracterización morfológica del cultivo de papa según Egúsqüiza (2000) es como sigue:

Tallo: la papa presenta diferencias según su origen: las plantas provenientes de semilla botánica desarrollan un único tallo principal, mientras que aquellas que nacen de tubérculo pueden generar varios tallos. Su color es generalmente verde, aunque en algunos casos puede presentar tonalidades marrón-rojizas o moradas. A partir de las yemas ubicadas en las axilas de las hojas pueden formarse tallos secundarios, estolones, inflorescencias e incluso tubérculos aéreos.

Raíz: el desarrollo depende también del tipo de propagación. Cuando proviene de semilla, surge una raíz axonomorfa con ramificaciones laterales; en cambio, desde los tubérculos se generan raíces adventicias que aparecen primero en cada brote y posteriormente en los nudos de la parte subterránea del tallo. Con el tiempo, el sistema radical pasa de ser superficial y delicado a más fibroso y profundo.

Hojas: Se disponen de manera espiralada a lo largo del tallo. Cada una está compuesta por un raquis central del que emergen folíolos laterales y un folíolo terminal.

Flores: están formadas por cinco pétalos y pueden presentar diversas coloraciones: blancas, crema, celestes, rosadas o lilas en diferentes matices. Son flores monoicas y producen frutos en forma de bayas, dentro de las cuales se encuentran las semillas botánicas.

Fenología de la papa

Los brotes del tubérculo semilla emergen entre los 10 y 12 días después de la siembra, siempre que existan condiciones óptimas de temperatura y humedad en el campo. Durante la fase vegetativa se produce un crecimiento continuo de follaje y raíces, etapa que tiene una duración aproximada de 35 días. La altura de la planta varía entre 0,40 y 0,90 m en la subespecie tuberosum, mientras que en la subespecie andigena puede alcanzar hasta 2 m. Cuando los puntos de crecimiento reducen su demanda de fotosintatos, se da inicio al proceso de formación de tubérculos, conocido como tuberización (Román y Hurtado, 2002).

En las variedades precoces, la tuberización comienza alrededor de los 30 días después de la siembra; en las variedades intermedias, entre los 35 y 45 días; y en las variedades tardías, entre los 50 y 60 días. Durante los primeros días de este proceso, entre un 5 y 20% de los asimilados se dirigen a los tubérculos, incrementándose progresivamente hasta la cosecha. La tuberización tiene una duración aproximada de 30 días. Los tubérculos alcanzan su madurez fisiológica a los 75 días en variedades tempranas, a los 90 días en variedades intermedias y a los 120 días en las tardías, momento en el cual ya pueden ser cosechados y almacenados (Burke, 2003).

Clasificación taxonómica de la papa

Reino: Plantae

División: Magoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanáceas

Género: Solanum

Especie: tuberosum

Nombre científico: *Solanum tuberosum*

Nombre común: Papa

2.2.2 Citoquininas

A. Citoquininas: Las citoquininas son un grupo de fitohormonas naturales o sintéticas derivadas de las purinas que participan en la regulación de diversos procesos fisiológicos en las plantas, especialmente en la división y diferenciación celular. Su descubrimiento se atribuye a Miller et al. (1956), quienes identificaron la kinetina como el primer compuesto con actividad citocinética. Desde entonces, se han reconocido múltiples tipos y funciones de estas hormonas en el crecimiento vegetal (Mok & Mok, 2001).

Las citoquininas actúan promoviendo la mitosis en tejidos meristemáticos, la expansión celular y el retardo de la senescencia foliar. Además, estimulan la movilización de nutrientes y fotoasimilados hacia los órganos de crecimiento activo, como brotes, hojas jóvenes y tubérculos, lo que las convierte en reguladores esenciales del equilibrio fuente–demanda en las plantas (Kieber & Schaller, 2018). En cultivos como la papa, su aplicación exógena ha demostrado promover la formación y crecimiento de los tubérculos, al favorecer la diferenciación de los estolones y estimular la acumulación de almidón (Werner & Schmölling, 2009).

El modo de acción de las citoquininas implica una vía de señalización molecular compleja, que comienza con su reconocimiento por receptores de tipo histidina quinasa ubicados en la membrana plasmática. Una vez activados, estos receptores desencadenan una cascada de fosforilación que involucra proteínas intermedias denominadas AHP (Histidine-containing Phosphotransfer proteins) y ARR (Arabidopsis Response Regulators). Este mecanismo regula la expresión de genes relacionados con la división celular, la morfogénesis y el desarrollo de órganos vegetales (Hwang et al., 2012).

Las citoquininas interactúan de forma sinérgica o antagónica con otras fitohormonas, especialmente con auxinas, giberelinas y ácido abscísico, para mantener el equilibrio del desarrollo vegetal. Por ejemplo, mientras las auxinas favorecen la formación de raíces, las citoquininas promueven la generación de brotes y tejidos aéreos, lo que evidencia su papel complementario en la regulación del crecimiento (Davies, 2004).

B. Tipos de citoquininas: Las citoquininas se clasifican en naturales y sintéticas según su origen:

Citoquininas naturales: Las más comunes son la zeatina, la dihidrozeatina y la isopenteniladenina (iP). Estas moléculas se sintetizan principalmente en las raíces y son transportadas a los órganos aéreos a través del xilema. La zeatina, descubierta en el maíz, es una de las más activas fisiológicamente y desempeña un papel esencial en la expansión foliar y la formación de frutos (Sakakibara, 2006).

Citoquininas sintéticas: Entre las más utilizadas destacan la 6-bencilaminopurina (BAP o BA), la kinetina (Kn) y la N-(2-cloro-4-piridil)-N'-fenilurea (CPPU). Estas son ampliamente empleadas en agricultura y biotecnología vegetal por su estabilidad y eficacia. La BAP, en particular, es la más usada en cultivos agrícolas por su capacidad de estimular la brotación, incrementar el número de yemas y mejorar la calidad de los órganos de reserva, como tubérculos o frutos (Raines, 2011).

En el cultivo de papa, las citoquininas sintéticas aplicadas vía foliar o en inmersión de semilla han demostrado incrementar el número de tubérculos por planta y su peso promedio, actuando principalmente durante la fase de tuberización y llenado (Abouelsaad & Brengi, 2022).

C. Funciones fisiológicas de las citoquininas: Las principales funciones fisiológicas de las citoquininas en las plantas son:

Estimular la división y expansión celular: Las citoquininas activan genes asociados a la progresión del ciclo celular, lo que promueve la formación de nuevos tejidos y la expansión de órganos vegetativos (Mok & Mok, 2001).

Promover la diferenciación de brotes y yemas laterales: Actúan contrarrestando la dominancia apical inducida por las auxinas, lo que estimula el crecimiento lateral y la formación de nuevos brotes.

Retardar la senescencia foliar: Inhiben la degradación de clorofilas y proteínas durante el envejecimiento, prolongando la actividad fotosintética de las hojas (Gan & Amasino, 1995).

Regular la translocación de nutrientes y fotoasimilados: Favorecen el transporte de azúcares, aminoácidos y minerales hacia los órganos en crecimiento, como tubérculos, flores o frutos, incrementando su tamaño y peso (Werner & Schmülling, 2009).

Intervenir en la tuberización y el rendimiento: En papa, las citoquininas desempeñan un rol clave en la transición de los estolones a tubérculos, al modular la expresión de genes relacionados con la síntesis de almidón y la división celular (Kieber & Schaller, 2018).

D. Importancia agronómica en el cultivo de papa

Diversos estudios han demostrado que la aplicación exógena de citoquininas mejora el rendimiento de la papa al aumentar la cantidad de tubérculos por planta, su peso promedio y la biomasa total. Abouelsaad y Brengi (2022) reportaron incrementos de hasta un 20% en el rendimiento total con la aplicación de BAP a concentraciones de 40 ppm en campo abierto. De forma similar, Mubarok et al. (2022) observaron que el uso de benzilaminopurina combinada con paclobutrazol aumentó el número y peso de tubérculos en condiciones de estrés térmico.

Estos resultados confirman que las citoquininas son herramientas biotecnológicas de alto valor para el manejo fisiológico del cultivo de papa, especialmente en regiones como el valle de Huaral, donde las condiciones ambientales pueden limitar el desarrollo natural del cultivo. Su uso racional y en dosis óptimas permite maximizar la productividad sin alterar el equilibrio hormonal de la planta ni comprometer la sostenibilidad del sistema agrícola.

2.2.3 Productos de acción hormonal

A. Triggrr foliar (kinetina)

La kinetina es una citocinina sintética derivada de la adenina y una de las primeras hormonas vegetales identificadas. Se reconoce por estimular la división celular, la formación de brotes y retrasar la senescencia, lo que la convierte en una herramienta importante en el cultivo de tejidos. Se usa en micropropagación para inducir callos y regeneración, además de emplearse en estudios sobre envejecimiento y respuesta al

estrés. Su manejo requiere precauciones básicas de laboratorio por tratarse de un compuesto sintético (Duszka et al. 2009).

B. Cythor (6-benzylaminopurine)

La 6-benzilaminopurina es una citocinina sintética muy utilizada por su capacidad para estimular la división celular, romper la dominancia apical e inducir brotación. En cultivo in vitro es esencial para la multiplicación de plantas, mientras que en agricultura y poscosecha ayuda a mantener calidad y retrasar la senescencia. Sus dosis varían según el cultivo y objetivo, y al igual que otras citocininas, debe manejarse siguiendo precauciones químicas básicas (Zhao, 2024).

2.3 Definición de términos básicos

Regulador vegetal

Sustancia (natural o sintética) que, a concentraciones pequeñas, modifica o regula uno o varios procesos fisiológicos de las plantas por ejemplo floración, elongación, abscisión o cuajado sin ser un nutriente. Los PGRs incluyen hormonas naturales (fitohormonas) y compuestos análogos o externos usados en agricultura para manejar crecimiento y calidad de cultivo (Zahid et al. 2023).

Fitohormona

Pequeñas moléculas orgánicas producidas por la planta que actúan como señales para coordinar respuestas fisiológicas y de desarrollo (división celular, elongación, diferenciación, respuestas al estrés). Operan a muy bajas concentraciones y su efecto depende de su localización, concentración y del estado fisiológico de la planta (Mukherjee et al. 2022).

Dominancia apical

Fenómeno por el cual el meristemo apical o la punta del tallo inhibe el desarrollo de brotes axilares por medio de una red de señales (principalmente auxinas que actúan indirectamente junto con citocininas y estrigolactonas, además de la disponibilidad de azúcares). La dominancia apical regula el patrón de ramificación y permite a la planta priorizar el crecimiento del eje principal (Schneider et al. 2019).

División celular

Proceso por el cual una célula madre completa la replicación del ADN y se divide en dos células hijas con genoma completo; en plantas incluye etapas específicas de puesta en marcha del huso, formación de la fracción de placa celular (cell plate) y la nueva pared celular. La división está coordinada con señales del ciclo celular, estado metabólico y determinación de destino celular (Sablowski y Gutierrez 2022).

Crecimiento

Aumento cuantitativo de tamaño/biomasa (por ejemplo: aumento en longitud celular, expansión y acumulación de masa). El crecimiento es un componente medible (longitud, peso, área foliar) y está gobernado por procesos celulares (división + expansión) y por la provisión de recursos y regulación hormonal (Hilty et al 2021).

Desarrollo

Proceso global y cualitativo que engloba la organización y diferenciación de tejidos y órganos a lo largo del ciclo de vida (germinación, formación de meristemos, floración, senescencia). Incluye cambios morfológicos, fisiológicos y genéticos coordinados espacial y temporalmente no sólo incremento de tamaño, sino adquisición de nuevas estructuras y funciones (Moreno et al 2012).

2.4 Hipótesis de investigación

2.4.1 Hipótesis General

La aplicación de los dos tipos de citoquininas no influye significativamente en la producción de papa en condiciones del valle de Huaral.

2.4.2 Hipótesis Específicas

- La aplicación de dos tipos de citoquininas no influyen en las características productivas del cultivo de papa en condiciones del valle de Huaral.
- La aplicación de dos tipos de citoquininas no influyen en el rendimiento del cultivo de papa en condiciones del valle de Huaral.

2.5 Operacionalización de las variables

Tabla 2
Operacionalización de las variables

Concepto	Dimensión	Variables	Indicadores	
Producción de papa	Características de rendimiento	Tallos por planta.	unid	
		Tubérculos por planta	unid	
		Peso de tubérculos por planta	Kg	
		Número de tubérculos por planta	unid	
	Rendimiento		Categoría primera	t ha ⁻¹
			Categoría segunda	t ha ⁻¹
Total			t ha ⁻¹	

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Ubicación

El experimento se realizó en el distrito de Huaral, ubicado en Jecuan con coordenadas de Latitud: 11°28'56.09748, Longitud: 77°15'18.21708 a una altura de 117 msnm, durante los meses de junio a noviembre del 2025.

El area experimental se localiza en la costa central del Perú, caracterizado por un clima templado seco típico de zonas costeras con influencia del Océano Pacífico y los Andes cercanos. Presenta veranos calurosos, húmedos y con poca lluvia, e inviernos largos, secos y mayormente despejados, con temperaturas que oscilan entre aproximadamente 16 °C y 28 °C a lo largo del año y precipitaciones escasas y poco variables mensualmente, lo que indica una marcada estación seca prolongada (temperaturas máximas raramente superan los 30 °C) y una variación térmica moderada entre estaciones con clima templado durante casi todo el año.

Desde la perspectiva de la clasificación climática de Köppen-Geiger, este conjunto de condiciones corresponde al clima desértico subtropical (BWh), característico de zonas costeras áridas del Perú central y norte, donde las precipitaciones son bajas y las temperaturas relativamente cálidas y estables debido a la corriente fría de Humboldt y la ausencia de lluvias orográficas intensas.

Con respecto a las características del suelo, según los resultados corresponde a un suelo de textura franco arenosa, con pH igual a 8,0 considerado como de reacción ligeramente alcalina y con un alto contenido de carbonato de calcio equivalente a 16,6 %; la conductividad eléctrica es de 58,8 mS/m que refleja un nivel de salinidad bajo a moderado; y en materia orgánica presenta 1,2 %, calificado como de nivel bajos. En cuanto a los nutrientes disponibles, el valor de fósforo disponible (63,7 mg/kg) se encuentra en un rango medio a alto, lo que indica una buena disponibilidad para el cultivo; el contenido de nitrógeno total (0,06 %) es bajo; y en cuanto al potasio disponible (316 mg/kg), este valor es alto.

3.1.2 Características del área experimental

Características de la Unidad Experimental:

Distanciamiento entre surco:	0,90 m
Distanciamiento entre golpe:	0,30 m
Número de plantas por surco:	15,0
Número de surcos:	4,0
Longitud:	3,9 m
Ancho:	3,6 m
Área:	14,04 m ²

Características de los bloques:

Número de bloque:	4,0
Longitud de bloque:	21,60 m
Ancho de bloque:	3,90 m ²
Área de bloque:	84,24 m ²

Área Experimental:

Área neta del experimento:	336,96 m ²
Área total del experimento:	23x20,60=473,80 m ²

Croquis del experimento

Bloque I	T1	T2	T3	T4	T5	T6
----------	----	----	----	----	----	----

Bloque II	T5	T4	T6	T2	T1	T3
-----------	----	----	----	----	----	----

Bloque III	T3	T1	T2	T6	T4	T5
------------	----	----	----	----	----	----

Bloque IV	T4	T6	T5	T1	T3	T2
-----------	----	----	----	----	----	----

Leyenda

Clave	Producto	mL por cilindro
T1	Cythor	200
T2	Cythor	400
T3	Cythor	600
T4	Trigrrr foliar	200
T5	Trigrrr foliar	400
T6	Trigrrr foliar	600

3.1.3 Tratamientos

Los tratamientos estudiados se muestran en la Tabla 1.

Tabla1.

Tratamientos estudiados

Clave	Producto	mL por cilindro
T1	Cythor	200
T2	Cythor	400
T3	Cythor	600
T4	Triggrr foliar	200
T5	Triggrr foliar	400
T6	Triggrr foliar	600

Cilindro: 200 L

3.1.4 Diseño experimental

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial de 2 x 3 y cuatro repeticiones. El factor 1 fueron las fuentes de citoquininas (Cythor y Triggrr foliar); y el factor 2, las dosis (200, 400 y 600 mL por cilindro).

El esquema de análisis de varianza se muestra en la Tabla 2. Para la comparación de los promedios se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey con una probabilidad del 5%.

Tabla2.

Análisis de varianza

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcalc.
Bloque	3	SCBloq	CMBloq	
Fuente (F)	1	SCFuent	CMFuen	
Dosis (D)	2	SCDos	CMDos	
Interacc F x D	2	SCInt FxD	CMInt.	
Error	15	SCErr	CMErr	
Total	23	SCtotal	-	

3.1.5 Variables a evaluar

La evaluación de las características se realizaron al inicio de la cosecha. Para ello, se eligieron 10 plantas al azar de los dos surcos centrales. Se evaluaron las siguientes variables:

- a) Número de tallos por planta
- b) Número de tubérculos por tallo
- c) Peso de tubérculos por tallo
- d) Rendimiento

3.1.6 Conducción del experimento

Preparación de terreno

Se realizó un riego de machaco. Una semana después, se procedió a la preparación del terreno que consistió en aradura, arrastre, gradeo y surcado. La distancia entre los surcos fue de 0,90 m.

Siembra

Antes de proceder a la siembra, los tubérculos de papa de la variedad Unica fueron desinfectados en una solución de benomil al 2%. Posteriormente, se sembraron a cada 30 cm colocándose un tubérculo en cada golpe de siembra.

Fertilización

Junto a la siembra, se aplicó el primer abonamiento que consistió en la fórmula 100-100-100 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O. Las fuentes a usar fueron: Urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio. A los 60 días después de la siembra, se aplicó el segundo abonamiento que consistió en la fórmula 150-00-00 de N-P₂O₅-K₂O.

Riegos

El riego se aplicó bajo el sistema por gravedad. El primer riego se realizó cuando se observó el brotamiento, aproximadamente a los 40 días después de la siembra. Luego los riegos fueron constantes, para mantener la humedad en el suelo.

Control de malezas

Se realizaron deshierbos manuales cuando se observó la presencia de las mismas.

Aplicación de tratamientos

Se realizaron dos aplicaciones, la primera a los 50 días después de la siembra y la segunda, a los 60 días después de la siembra.

Aplicaciones fitosanitarias

Previo a las aplicaciones de los productos fitosanitarios, se realizaron evaluaciones de la presencia de las plagas y enfermedades.

3.2 Técnicas para el procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información recogida en campo, se utilizó el Programa SISVAR. Se aplicaron las técnicas de análisis de la variancia y posteriormente se realizó las comparaciones de medias entre tratamientos mediante la prueba de Tukey con un margen de error de $\alpha = 0.05$.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1 Características de rendimiento

4.1.1 Número de tallos por planta

El análisis de varianza presentado en la Tabla 3 muestra los resultados obtenidos para la variable número de tallos por planta en el cultivo de papa. De acuerdo con los resultados, el factor Fuente no presentó un efecto significativo sobre el número de tallos por planta, lo cual indica que ambos productos tienen un comportamiento similar en esta variable. En contraste, el factor Dosis mostró diferencias altamente significativas, lo que evidencia que la cantidad aplicada de citoquinina influye directamente en la emisión de tallos. Asimismo, se observó una interacción significativa entre Fuente y Dosis, lo que sugiere que la respuesta de las plantas a las dosis depende del tipo de citoquinina utilizada; es decir, cada producto responde de manera distinta según la concentración aplicada.

El coeficiente de variación (CV) fue de 7,78%, un valor bajo que indica una buena precisión experimental y homogeneidad en los datos. El promedio general del número de tallos por planta fue de 1,36, lo que refleja el comportamiento promedio del cultivo en las condiciones del valle de Huaral.

Tabla3.

Análisis de varianza para número de tallos por planta

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Bloque	3	0,083	0,028	2,456	0,1022 ns
Fuente	1	0,000	0,000	0,000	0,9850 ns
Dosis	2	0,542	0,271	24,053	0,0000 **
Fuente*Dosis	2	0,188	0,094	8,343	0,0037 **
Error	15	0,169	0,011		
Total	23	0,984			
CV (%)	7,78				
Promedio	1,36				

ns: no significativo; *, **: significativo al 0,01 de probabilidad

El análisis de efectos simples de la fuente dentro de cada nivel de dosis para el número de tallos por planta revela información más detallada sobre la interacción significativa observada previamente entre los factores fuente y dosis (Tabla 4).

De acuerdo con los resultados, no se encontraron diferencias significativas entre las fuentes de citoquinina en las dosis de 200 mL/200 L de agua ni en la de 400 mL/200 L de agua, lo que indica que en estos niveles de aplicación ambos productos —Cythor y Triggrr foliar— tuvieron un comportamiento estadísticamente similar en cuanto a la emisión de tallos por planta. Sin embargo, en la dosis más alta, de 600 mL/200 L de agua, se observó una diferencia altamente significativa entre las fuentes, evidenciando que a este nivel de concentración las citoquininas ejercen efectos diferenciados sobre la variable evaluada, tal como se observa en la Tabla 5.

Tabla4.

Análisis de efectos simples de fuente dentro de cada nivel de dosis para número de tallos por planta

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Fuente/200	1	0,031	0,031	2,751	0,1175 ns
Fuente/400	1	0,032	0,032	2,840	0,1109 ns
Fuente/600	1	0,125	0,125	11,095	0,0047 **
Error	15	0,169	0,011		

ns: no significativo; **: significativo al 0,01 de probabilidad

Tabla5.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 600 mL/200 L.

Fuente	Número de tallos por planta
Triggrr foliar	1,620 a
Cythor	1,370 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de efectos simples de las dosis dentro de cada nivel de fuente para el número de tallos por planta, presentado en la Tabla 6, permite comprender con mayor detalle cómo responde el cultivo de papa ante las diferentes concentraciones de citoquininas utilizadas.

Los resultados muestran que tanto para Cythor como para Triggrr foliar, las dosis evaluadas influyeron significativamente en la variable número de tallos por planta. Esto confirma que el incremento en la dosis de aplicación de las citoquininas tiene un efecto directo y marcado en la emisión de tallos, independientemente de la fuente utilizada.

Sin embargo, es importante notar que la magnitud de la respuesta fue distinta entre los productos. En el caso de Triggrr foliar, se aprecia que el cultivo respondió de forma más sensible o pronunciada a las variaciones de dosis, tal como se aprecia en la Tabla 8. En el caso de Cythor, Tabla 7, la dosis de 400 mL produjo el mayor valor.

Tabla6.

Análisis de efectos simples de dosis dentro de cada nivel de fuente para número de tallos por planta

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Dosis/Cythor	2	0,177	0,0885	7,855	0,0047 **
Dosis/Triggrr	2	0,554	0,277	24,586	0,0000 **
Error	15	0,169	0,011		

** : significativo al 0,01 de probabilidad

Tabla7.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Cythor

Cythor	Número de tallos por planta
400	1,517 a
600	1,370 ab
200	1,220 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla8.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Triggrr foliar

Triggrr foliar	Número de tallos por planta
600	1,620 a
400	1,390 b
200	1,095 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.2 Número de tubérculos por tallo – Primera

El análisis de varianza para el número de tubérculos por tallo, presentado en la Tabla 9, muestra que tanto la fuente de citoquinina como la dosis aplicada influyeron significativamente en esta variable, mientras que la interacción entre ambos factores no fue estadísticamente significativa.

El coeficiente de variación (CV) fue de 9.42%, lo cual refleja una variabilidad experimental aceptable y una buena precisión en las mediciones realizadas. El promedio general de 1,45 tubérculos por tallo indica el nivel promedio de productividad obtenido bajo las condiciones del valle de Huaral.

Tabla9.*Análisis de varianza para número de tubérculos por tallo-primera*

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Bloque	3	0,149	0,050	2,642	0,0876 ns
Fuente	1	0,153	0,153	8,138	0,0120 *
Dosis	2	0,550	0,275	14,628	0,0003 **
Fuente*Dosis	2	0,114	0,057	3,032	0,0773 ns
Error	15	0,282	0,019		
Total	23	1,250			
CV (%)	9,42				
Promedio	1,45				

ns: no significativo; *: significativo al 0,05; **: significativo al 0,01 de probabilidad

La prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, presentada en la Tabla 10, muestra que existe una diferencia significativa entre las fuentes de citoquinina evaluadas en cuanto al número de tubérculos por tallo. El tratamiento con Triggrr foliar registró un promedio de 1,536 tubérculos por tallo, valor superior al obtenido con Cythor, que alcanzó 1,376 tubérculos por tallo.

Tabla10.*Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes*

Fuente	Número de tubérculos por tallo - Primera
Triggrr	1,536 a
Cythor	1,376 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis, presentada en la Tabla 11, revela diferencias significativas en el número de tubérculos por tallo en función de la concentración de citoquinina aplicada. Los tratamientos con 200 mL/200 L de agua y 400 mL/200 L de agua registraron los valores más altos, con promedios de 1,617 y 1,498 tubérculos por tallo, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellos. En cambio, la dosis más alta, de 600 mL/200 L de agua, presentó un promedio significativamente menor (1,253 tubérculos por tallo), diferenciándose estadísticamente de las dos dosis anteriores.

Tabla11.*Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis*

Dosis	Número de tubérculos por tallo - Primera
200	1,617 a
400	1,498 a
600	1,253 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.3 Número de tubérculos por tallo – Segunda

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 12 corresponde al número de tubérculos por tallo en categoría segunda, y revela diferencias significativas en algunos de las fuentes de variación evaluadas.

En primer lugar, para Fuente (tipo de citoquinina) presentó un efecto altamente significativo; y por otro lado, para Dosis no se mostró un efecto significativo. Sin embargo, la interacción Fuente × Dosis fue altamente significativa, lo que indica que la respuesta a las diferentes dosis dependió del tipo de citoquinina aplicada. En otras palabras, cada producto presentó un comportamiento distinto frente al aumento o disminución de la concentración, evidenciando que la eficacia de las dosis está condicionada por las características propias de cada fuente.

El coeficiente de variación (CV) fue de 11,86%, lo que se considera un nivel aceptable de precisión experimental, y el promedio general fue de 1,42 tubérculos por tallo.

Tabla12.

Análisis de varianza para número de tubérculos por tallo-segunda

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Bloque	3	0,168	0,056	1,963	0,1635 ns
Fuente	1	0,400	0,400	14,019	0,0020 **
Dosis	2	0,047	0,024	0,824	0,4525 ns
Fuente*Dosis	2	1,190	0,595	20,853	0,0000 **
Error	15	0,428	0,029		
Total	23	2,234			
CV (%)	11,86				
Promedio	1,42				

ns: no significativo; *, **: significativo al 0,01 de probabilidad

El análisis de efectos simples de la fuente dentro de cada nivel de dosis para el número de tubérculos por tallo (Tabla 13) permite profundizar en la interpretación de la interacción significativa entre fuente y dosis observada en la Tabla 12.

Los resultados muestran que en las tres dosis evaluadas —200, 400 y 600 mL/200 L de agua— existen diferencias significativas entre las fuentes de citoquinina. En la dosis más baja (200 mL), se obtuvo una diferencia altamente significativa, lo que indica que incluso a concentraciones reducidas, el tipo de producto influye en la capacidad de tuberización. A

una dosis intermedia (400 mL), las fuentes también difirieron significativamente, aunque con menor intensidad que en la dosis baja, lo que sugiere un efecto más equilibrado entre los productos. Finalmente, a la dosis más alta (600 mL), se observó una diferencia altamente significativa, siendo esta la condición en la que la discrepancia entre las fuentes fue más pronunciada. Así, en las Tablas 14 y 16 se aprecia que Cythor en las dosis de 200 y 600 mL indujo a una mayor producción de tubérculos por tallo en la categoría segunda. En la dosis de 400 mL, Triggrr supera a Cythor, tal como se observa en la Tabla 15.

Tabla13.

Análisis de efectos simples de fuente dentro de cada nivel de dosis para número de tubérculos por tallo-papa segunda

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Fuente/200	1	0,312	0,312	10,935	0,0048 **
Fuente/400	1	0,234	0,234	8,201	0,0118 *
Fuente/600	1	1,044	1,044	36,589	0,0000 **
Error	15	0,428	0,029		

*: significativo al 0,05; **: significativo al 0,01 de probabilidad

Tabla14.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 200 mL/200 L

Fuente	Número de tubérculos por tallo – Segunda
Cythor	1,640 a
Triggrr	1,245 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla15.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 400 mL/200 L

Fuente	Número de tubérculos por tallo – Segunda
Triggrr	1,535 a
Cythor	1,192 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla16.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 600 mL/200 L

Fuente	Número de tubérculos por tallo – Segunda
Cythor	1,830 a
Triggrr	1,107 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de efectos simples de las dosis dentro de cada nivel de fuente para el número de tubérculos por tallo en papa segunda (Tabla 17) muestra diferencias altamente significativas tanto para Cythor como para Triggrr foliar, evidenciando que la variación en la dosis aplicada influyó de manera clara en la respuesta del cultivo, independientemente de la fuente utilizada.

En el caso de Cythor, el efecto de la dosis resultó altamente significativo, lo que indica que los distintos niveles de concentración generaron respuestas diferenciadas en el número de tubérculos por tallo, tal como se aprecia en la Tabla 18, en la que las dosis de 600 y 200 mL produjeron mayor número de tubérculos por tallo en la categoría segunda.

Por otra parte, Triggrr foliar también mostró un efecto altamente significativo, observándose que con las dosis de 400 y 200 mL indujo a producir mayor número de tubérculos por tallo en la categoría segunda, Tabla 19.

Tabla17.

Análisis de efectos simples de dosis dentro de cada nivel de fuente para número de tubérculos por tallo-papa segunda

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Dosis/Cythor	2	0,177	0,0885	7,855	0,0047 **
Dosis/Triggrr	2	0,554	0,277	24,586	0,0000 **
Error	15	0,169	0,011		

** : significativo al 0,01 de probabilidad

Tabla18.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Cythor

Cythor	Número de tubérculos por tallo – Segunda
600	1,830 a
200	1,640 a
400	1,192 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla19.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Triggrr foliar

Triggrr	Número de tubérculos por tallo – Segunda
400	1,535 a
200	1,245 ab
600	1,107 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.4 Número de tubérculos por tallo – Total

El análisis de varianza presentado en la Tabla 20, correspondiente al número de tubérculos por tallo, muestra que existen diferencias significativas en función de la dosis y una interacción altamente significativa entre los factores fuente y dosis, mientras que el efecto individual de la fuente no resultó significativo.

El resultado más relevante es la interacción significativa entre Fuente \times Dosis, que revela que la respuesta del cultivo a las dosis depende del tipo de citoquinina empleada. En otras palabras, cada producto reacciona de forma distinta ante los incrementos en la dosis, lo que refleja diferencias en su composición, modo de acción o eficiencia fisiológica. Este comportamiento sugiere que, aunque en promedio los productos no difieran entre sí, la combinación de una fuente específica con una dosis determinada puede generar efectos notoriamente distintos sobre la formación de tubérculos.

El coeficiente de variación (CV) fue de 7,41%, lo cual es un valor bajo y confirma una buena precisión experimental. El promedio general fue de 2,881 tubérculos por tallo.

Tabla20.

Análisis de varianza para número de tubérculos por tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Bloque	3	0,374	0,125	2,734	0,0801 ns
Fuente	1	0,059	0,059	1,294	0,2734 ns
Dosis	2	0,460	0,230	5,044	0,0211 *
Fuente*Dosis	2	1,963	0,982	21,524	0,0000 **
Error	15	0,684	0,046		
Total	23	3,542			
CV (%)	7,41				
Promedio	2,881				

ns: no significativo; *: significativo al 0,05; **: significativo al 0,01 de probabilidad

El análisis de efectos simples de la fuente dentro de cada nivel de dosis para el número de tubérculos por tallo (Tabla 21) muestra que las diferencias entre los productos evaluados — Cythor y Triggrr foliar— dependen de la dosis aplicada, lo cual confirma la presencia de una interacción significativa entre ambos factores.

En la dosis más baja (200 mL/200 L de agua), no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las fuentes, lo que indica que, a niveles reducidos de aplicación, ambos

reguladores de crecimiento tienen un efecto similar en la formación de tubérculos por tallo. Sin embargo, al aumentar la concentración a 400 mL/200 L, se observó una diferencia altamente significativa, lo que evidencia que el tipo de citoquinina comienza a influir de manera clara sobre la respuesta productiva del cultivo, como lo fue con Triggrr foliar que superó al Cythor (Tabla 22). Esta tendencia se acentúa aún más en la dosis más alta (600 mL/200 L), donde las diferencias son altamente significativas, mostrando una marcada superioridad de una de las fuentes, correspondiéndole en este caso a Cythor (Tabla 23)

Tabla21.

Análisis de efectos simples de fuente dentro de cada nivel de dosis para número de tubérculos por tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Fuente/200	1	0,072	0,072	1,579	0,2277 ns
Fuente/400	1	0,825	0,825	18,092	0,0007 **
Fuente/600	1	1,125	1,125	24,671	0,0002 **
Error	15	0,684	0,046		

ns: no significativo; *, **: significativo al 0,01 de probabilidad

Tabla22.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 400 mL/200 L

Fuente	Número de tubérculos por tallo – Total
Triggrr	3,182 a
Cythor	2,540 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla23.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 600 mL/200 L

Fuente	Número de tubérculos por tallo – Total
Cythor	3,097 a
Triggrr	2,347 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de efectos simples de las dosis dentro de cada nivel de fuente para el número de tubérculos por tallo (Tabla 24) muestra que la variación en la dosis aplicada de citoquininas influyó significativamente en ambas fuentes evaluadas, confirmando que la concentración del regulador de crecimiento es un factor determinante en la respuesta del cultivo de papa.

En el caso de Cythor, se observaron diferencias altamente significativas, lo que indica que los distintos niveles de dosis generaron respuestas diferentes en cuanto al número de

tubérculos por tallo, tal como se aprecia en la Tabla 25, en la que los mayores valores se produjeron con las dosis de 200 y 600 mL.

Por otro lado, en Triggrr foliar también se registraron diferencias altamente significativas entre las dosis. Así, los mayores valores se produjeron con las dosis de 400 y 200 mL (Tabla 26).

Tabla24.

Análisis de efectos simples de dosis dentro de cada nivel de fuente para número de tubérculos por tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Dosis/Cythor	2	0,923	0,4615	10,121	0,0017 **
Dosis/Triggrr	2	1,501	0,7505	16,458	0,0002 **
Error	15	0,684	0,046		

** : significativo al 0,01 de probabilidad

Tabla25.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Cythor

Cythor	Número de tubérculos por tallo – Total
200	3,155 a
600	3,097 a
400	2,540 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla26.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Triggrr foliar

Triggrr	Número de tubérculos por tallo – Total
400	3,182 a
200	2,965 a
600	2,347 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.5 Peso de tubérculos por tallo – Primera

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 27, correspondiente al peso de tubérculos por tallo en papa primera, evidencia que solo el factor dosis tuvo un efecto significativo sobre esta variable, mientras que los factores fuente y la interacción fuente \times dosis no mostraron diferencias estadísticas.

El coeficiente de variación (CV) fue de 14,34%, valor considerado aceptable para experimentos agronómicos, lo cual demuestra una buena precisión y confiabilidad en los datos obtenidos. El promedio general fue de 0,71 kg por tallo.

Tabla27.*Análisis de varianza para peso de tubérculos por tallo-primer*

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Bloque	3	0,071	0,024	2,233	0,1251 ns
Fuente	1	0,000	0,000	0,000	0,9534 ns
Dosis	2	0,113	0,057	5,330	0,0176 *
Fuente*Dosis	2	0,009	0,005	0,425	0,6595 ns
Error	15	0,159	0,011		
Total	23	0,353			
CV (%)	14,34				
Promedio	0,71				

ns: no significativo; *: significativo al 0,05.

Comparando las fuentes (Cythor y Triggrr foliar), según la prueba de comparación de medias de Tukey, Tabla 28, no se presentó diferencias significativas, lo que indica que ambos tipos de citoquininas ejercieron un efecto similar sobre el peso promedio de los tubérculos.

Tabla28.*Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuente*

Fuente	Peso de tubérculos por tallo – Primera
Triggrr	0,720 a
Cythor	0,717 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Comparando las dosis, según la prueba de comparación de medias de Tukey, Tabla 29, las dosis de 200 y 400 mL promovieron la formación de mayor peso de tuberculos por tallo en la categoría primera.

Tabla29.*Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis*

Dosis	Peso de tubérculos por tallo – Primera
200	0,791 a
400	0,738 ab
600	0,626 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.6 Peso de tubérculos por tallo – Segunda

El análisis de varianza presentado en la Tabla 30, correspondiente al peso de tubérculos por tallo en la categoría segunda, muestra diferencias significativas en el factor fuente y una

interacción altamente significativa entre fuente \times dosis, mientras que el efecto del factor dosis por sí solo no fue estadísticamente significativo.

El coeficiente de variación (CV) fue de 14,50%, lo que refleja una precisión experimental aceptable, mientras que el promedio general del peso de tubérculos por tallo fue de 0,24 kg.

Tabla30.

Análisis de varianza para peso de tubérculos por tallo-segunda

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Bloque	3	0,001	0,000	0,263	0,6944 ns
Fuente	1	0,009	0,009	7,105	0,0178 *
Dosis	2	0,006	0,003	2,368	0,1191 ns
Fuente*Dosis	2	0,070	0,035	27,632	0,0000 **
Error	15	0,019	0,001		
Total	23	0,107			
CV (%)	14,50				
Promedio	0,24				

ns: no significativo; *: significativo al 0,05; **: significativo al 0,01 de probabilidad

El análisis de efectos simples de la fuente dentro de cada nivel de dosis para el peso de tubérculos por tallo en la categoría segunda (Tabla 31) muestra diferencias altamente significativas en los tres niveles de dosis evaluados, lo que confirma que el tipo de citoquinina tuvo una influencia marcada y constante sobre esta variable en todas las concentraciones aplicadas. Así, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, Tablas 32 y 34, en las dosis de 200 y 600 mL/200 L de agua, los mayores pesos se obtuvieron con el Cythor; y en la dosis de 400 mL, destacó el Triggrr foliar (Tabla 33).

Tabla31.

Análisis de efectos simples de fuente dentro de cada nivel de dosis para peso de tubérculos por tallo-segunda

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Fuente/200	1	0,019	0,019	15,000	0,0017 **
Fuente/400	1	0,025	0,025	19,737	0,0005 **
Fuente/600	1	0,035	0,035	27,632	0,0002 **
Error	15	0,019	0,001		

** : significativo al 0,01 de probabilidad

Tabla32.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 200 mL/200 L

Fuente	Peso de tubérculos por tallo – Segunda
Cythor	0,297 a
Triggrr	0,200 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla33.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 400 mL/200 L

Fuente	Peso de tubérculos por tallo – Segunda
Triggrr	0,325 a
Cythor	0,212 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla34.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 600 mL/200 L

Fuente	Peso de tubérculos por tallo – Segunda
Cythor	0,295 a
Triggrr	0,162 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de efectos simples de las dosis dentro de cada nivel de fuente para el peso de tubérculos por tallo en la categoría segunda (Tabla 35) muestra diferencias altamente significativas tanto para Cythor como para Triggrr foliar, lo que evidencia que la dosis de aplicación influye directamente en el peso de los tubérculos, independientemente del tipo de citoquinina utilizada. Así, para el caso de Cythor, las dosis de 200 y 600 mL produjeron mayor peso de tuberculos en la categoría segunda (Tabla 36); y para Triggrr foliar, la dosis de 400 mL produjo mayor peso (Tabla 37).

Tabla35.

Análisis de efectos simples de dosis dentro de cada nivel de fuente para peso de tubérculos por tallo-segunda

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Dosis/Cythor	2	0,018	0,009	7,105	0,0064 **
Dosis/Triggrr	2	0,057	0,0285	22,500	0,0000 **
Error	15	0,019	0,001		

** : significativo al 0,01 de probabilidad

Tabla36.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Cythor

Cythor	Peso de tubérculos por tallo – Segunda
200	0,297 a
600	0,295 a
400	0,212 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla37.*Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Triggrr foliar*

Triggrr	Peso de tubérculos por tallo – Segunda
400	0,325 a
200	0,200 b
600	0,162 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.7 Peso de tubérculos por tallo – Total

El análisis de varianza presentado en la Tabla 38, correspondiente al peso de tubérculos por tallo, muestra que existen diferencias significativas en el factor dosis y en la interacción fuente \times dosis, mientras que el factor fuente de citoquinina por sí solo no presentó diferencias estadísticamente significativas.

El coeficiente de variación (CV) fue de 10,10%, valor que indica una buena precisión experimental, y el promedio general del peso de tubérculos por tallo fue de 0,96 kg, lo cual representa un rendimiento adecuado bajo las condiciones del experimento.

Tabla38.*Análisis de varianza para peso de tubérculos por tallo*

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Bloque	3	0,061	0,020	2,133	0,1385 ns
Fuente	1	0,008	0,008	0,839	0,3525 ns
Dosis	2	0,160	0,080	8,392	0,0036 **
Fuente*Dosis	2	0,104	0,052	5,455	0,0166 *
Error	15	0,143	0,010		
Total	23	0,478			
CV (%)	10,10				
Promedio	0,96				

ns: no significativo; *: significativo al 0,05; **: significativo al 0,01 de probabilidad

El análisis de efectos simples de la fuente dentro de cada nivel de dosis para el peso de tubérculos por tallo (Tabla 39) muestra que las diferencias entre las fuentes de citoquinina (Cythor y Triggrr foliar) dependen directamente de la dosis aplicada, confirmando la interacción significativa observada en el análisis de varianza anterior.

En la dosis de 200 y 400 mL/200 L de agua, no se observaron diferencias significativas entre las fuentes, lo que indica que ambas citoquininas tuvieron un efecto similar sobre el peso de los tubérculos cuando se aplicaron en concentraciones reducidas. En la dosis más alta (600

mL/200 L de agua), se registró diferencias significativas, lo que demuestra que a concentraciones elevadas las fuentes de citoquinina actúan de manera diferente, tal como se aprecia en la Tabla 40, en la que el Cythor presentó mejor desempeño.

Tabla39.

Análisis de efectos simples de fuente dentro de cada nivel de dosis para peso de tubérculos por tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Fuente/200	1	0,008	0,008	0,839	0,3624 ns
Fuente/400	1	0,036	0,036	3,776	0,0700 ns
Fuente/600	1	0,068	0,068	7,133	0,0174 *
Error	15	0,143	0,010		

ns: no significativo; *: significativo al 0,05.

Tabla40.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 600 mL/200 L

Fuente	Peso de tubérculos por tallo – Total
Cythor	0,947 a
Triggrr	0,762 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de efectos simples de las dosis dentro de cada nivel de fuente para el peso de tubérculos por tallo (Tabla 41) revela diferencias significativas únicamente en la fuente Triggrr foliar, mientras que para Cythor no se observaron efectos estadísticamente relevantes. Por otro lado, en el caso de Triggrr foliar, se observaron diferencias altamente significativas, evidenciando que la dosis aplicada tuvo un efecto marcado sobre el peso de los tubérculos, tal como se aprecia en la Tabla 42, en la que las dosis de 200 y 400 mL produjeron mayor peso en comparación a la dosis de 600 mL.

Tabla41.

Análisis de efectos simples de dosis dentro de cada nivel de fuente para peso de tubérculos por tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Dosis/Cythor	2	0,045	0,023	2,360	0,1289 ns
Dosis/Triggrr	2	0,220	0,110	11,538	0,0009 **
Error	15	0,143	0,010		

ns: no significativo; *: **: significativo al 0,01 de probabilidad

Tabla42.*Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Triggrr foliar*

Triggrr	Peso de tubérculos por tallo – Total
400	1,010 a
200	1,010 a
600	0,762 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.2 Rendimiento

4.2.1 Rendimiento – Primera

El análisis de varianza presentado en la Tabla 44, correspondiente al rendimiento en la categoría primera ($t\ ha^{-1}$), muestra que ninguno de los factores evaluados —fuente, dosis o la interacción fuente \times dosis— presentó diferencias estadísticas significativas sobre el rendimiento del cultivo de papa.

El coeficiente de variación (CV) fue de 14,79%, lo que refleja una variabilidad experimental aceptable, y el promedio general de rendimiento fue de 32,36 $t\ ha^{-1}$, un valor considerado adecuado para las condiciones del valle de Huaral.

Tabla43.*Análisis de varianza para rendimiento-Primera ($t\ ha^{-1}$)*

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Bloque	3	108,30	36,100	1,576	0,2366 ns
Fuente	1	1,435	1,435	0,063	0,8057 ns
Dosis	2	145,873	72,937	3,184	0,0704 ns
Fuente*Dosis	2	26,190	13,095	0,572	0,5764 ns
Error	15	343,569	22,905		
Total	23	625,373			
CV (%)	14,79				
Promedio	32,36				

ns: no significativo.

4.2.2 Rendimiento – Segunda

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 44, correspondiente al rendimiento en la categoría segunda ($t\ ha^{-1}$), evidencia que todos los factores principales, excepto los bloques, tuvieron efectos significativos sobre el rendimiento del cultivo de papa. Asimismo, la interacción Fuente \times Dosis fue altamente significativa, lo cual revela que la respuesta del cultivo al incremento de dosis dependió del tipo de citoquinina utilizada. En otras palabras,

no todas las combinaciones fuente-dosis produjeron el mismo efecto: cada producto presentó un comportamiento diferenciado según el nivel de aplicación, lo que resalta la importancia de identificar la dosis óptima específica para cada tipo de citoquinina.

El coeficiente de variación (CV) fue de 15,35%, lo cual es aceptable dentro de los ensayos agrícolas, y el rendimiento promedio general alcanzó 10,73 t ha⁻¹.

Tabla 44.

Análisis de varianza para rendimiento-Segunda

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Bloque	3	15,09	5,030	1,853	0,1809 ns
Fuente	1	17,459	17,459	6,432	0,0228 *
Dosis	2	37,098	18,549	6,833	0,0078 **
Fuente*Dosis	2	94,276	47,138	17,365	0,0001 **
Error	15	40,719	2,715		
Total	23	204,644			
CV (%)	15,35				
Promedio	10,73				

ns: no significativo; *: significativo al 0,05; **: significativo al 0,01 de probabilidad

El análisis de efectos simples de la fuente dentro de cada nivel de dosis para el peso de tubérculos por tallo (Tabla 45) muestra diferencias altamente significativas en los tres niveles de dosis evaluados (200, 400 y 600 mL/200 L de agua), lo que confirma que el tipo de citoquinina utilizada tuvo un efecto decisivo sobre esta variable en todas las concentraciones aplicadas.

En la dosis más baja (200 mL/200 L), se observó una diferencia altamente significativa, lo que indica que incluso a concentraciones reducidas, Cythor y Triggrr foliar mostraron comportamientos distintos respecto al peso de los tubérculos. Así en la Tabla 46 se aprecia que el Cythor obtuvo mayor rendimiento que el Triggrr foliar en la categoría de papa segunda.

En la dosis intermedia (400 mL/200 L), la diferencia también fue altamente significativa, evidenciando que la respuesta diferencial entre las fuentes se mantiene conforme se incrementa la dosis. Así, en la Tabla 47 se aprecia que Triggrr foliar produjo mayor rendimiento que el Cythor.

Finalmente, en la dosis más alta (600 mL/200 L), la diferencia volvió a ser altamente significativa, lo que demuestra que las fuentes de citoquinina continúan mostrando

respuestas diferenciadas incluso a concentraciones elevadas. Así, en la Tabla 48 se aprecia que el Cythor fue superior al Triggrr foliar al obtener mayor rendimiento.

Tabla45.

Análisis de efectos simples de fuente dentro de cada nivel de dosis para peso de tubérculos por tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Fuente/200	1	40,815	40,815	15,035	0,0015 **
Fuente/400	1	30,420	30,420	11,206	0,0044 **
Fuente/600	1	40,500	40,500	14,919	0,0015 **
Error	15	40,719	2,715		

** : significativo al 0,01 de probabilidad

Tabla46.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 200 mL/200 L

Fuente	Rendimiento – Segunda
Cythor	11,540 a
Triggrr	7,022 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla47.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 400 mL/200 L

Fuente	Rendimiento – Segunda
Triggrr	14,267 a
Cythor	10,367 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla48.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes en la dosis de 600 mL/200 L

Fuente	Rendimiento – Segunda
Cythor	12,845 a
Triggrr	8,345 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de efectos simples de las dosis dentro de cada nivel de fuente para rendimiento en categoría segunda (Tabla 49) revela diferencias significativas únicamente en la fuente Triggrr foliar, mientras que para Cythor no se observaron efectos estadísticamente relevantes. Por otro lado, en el caso de Triggrr foliar, se observaron diferencias altamente significativas, evidenciando que la dosis aplicada tuvo un efecto marcado sobre el rendimiento en categoría segunda, tal como se aprecia en la Tabla 50, en la que con las dosis de 400 mL se produjo el mayor rendimiento.

Tabla49.

Análisis de efectos simples de dosis dentro de cada nivel de fuente para rendimiento en categoría segunda

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Dosis/Cythor	2	12,287	6,144	2,263	0,1384 ns
Dosis/Triggrr	2	119,080	59,540	21,933	0,0000 **
Error	15	40,719	2,715		

ns: no significativo; **: significativo al 0,01 de probabilidad

Tabla50.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis en la fuente Triggrr foliar

Triggrr	Rendimiento – Segunda
400	14,267 a
600	8,345 b
200	7,022 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.2.3 Rendimiento – Total

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 51, correspondiente al rendimiento total ($t\ ha^{-1}$) del cultivo de papa, revela diferencias significativas únicamente en el factor dosis, mientras que los efectos del factor fuente y de la interacción fuente \times dosis no resultaron estadísticamente significativos.

El coeficiente de variación (CV) fue de 11,52%, lo cual representa una buena precisión experimental, y el promedio general de rendimiento fue de 43,09 $t\ ha^{-1}$.

Tabla51.

Análisis de varianza para rendimiento total

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Pr>Fc
Bloque	3	139,59	46,530	1,888	0,1749 ns
Fuente	1	28,886	28,886	1,172	0,2960 ns
Dosis	2	322,943	161,472	6,553	0,0090 **
Fuente*Dosis	2	72,498	36,249	1,471	0,2610 ns
Error	15	369,637	24,642		
Total	23	933,554			
CV (%)	11,52				
Promedio	43,09				

ns: no significativo; **: significativo al 0,01 de probabilidad

La Tabla 52, correspondiente a la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuentes, muestra que no existen diferencias significativas en el rendimiento total ($t\ ha^{-1}$) entre las dos citoquininas evaluadas: Cythor y Triggrr foliar, lo que confirma que sus efectos sobre el rendimiento total fueron estadísticamente equivalentes.

Tabla52.*Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre fuente*

Fuente	Rendimiento – Total
Cythor	44,187 a
Triggrr	41,993 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La Tabla 53, correspondiente a la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis, muestra diferencias significativas en el rendimiento total ($t\ ha^{-1}$) del cultivo de papa, evidenciando que la dosis de citoquinina aplicada tuvo un efecto determinante sobre la producción. Así, el mayor rendimiento se obtuvo con la dosis de 400 mL/200 L de agua, alcanzando un promedio de 48,132 $t\ ha^{-1}$, valor significativamente superior al obtenido con las dosis de 600 mL/200 L (41,626 $t\ ha^{-1}$) y 200 mL/200 L (39,512 $t\ ha^{-1}$), que no presentaron diferencias estadísticas entre sí. Este resultado indica que la dosis intermedia (400 mL/200 L) fue la más eficiente para maximizar el rendimiento total del cultivo.

Tabla53.*Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% entre dosis*

Dosis	Rendimiento – Total
400	48,132 a
600	41,626 b
200	39,512 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

CAPITULO V. DISCUSIONES

Los resultados evidenciaron que las citoquininas, independientemente de la fuente utilizada (Cythor o Triggrr foliar), ejercieron efectos significativos sobre variables morfológicas y de rendimiento en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), particularmente en el número de tallos por planta, el peso de tubérculos por tallo y el rendimiento total. Estos hallazgos coinciden con los resultados obtenidos por Abouelsaad y Brengi (2022), quienes demostraron que la aplicación de diferentes tipos de citoquininas (BAP, CPPU y kinetina) en condiciones de campo incrementó el peso total de los tubérculos y el rendimiento total, destacando la eficacia de la BAP en concentraciones moderadas (40 ppm) para mejorar el crecimiento y la productividad de la papa. Según estos autores, el balance hormonal adecuado entre auxinas y citoquininas es esencial para favorecer la tuberización y el llenado de los órganos de reserva, sin generar efectos de inhibición por exceso hormonal.

Con respecto a las dosis, 400 mL/200 L de agua resultó ser la más eficiente para maximizar el rendimiento total, lo que refleja un comportamiento de respuesta óptima ante el incremento de la dosis. Este patrón también fue descrito por Badizadegan, Tafazoli y Kheradnam (1972), quienes encontraron que concentraciones intermedias de N⁶-benciladenina (10–20 ppm) promovieron el crecimiento vegetativo y el número de brotes sin generar efectos adversos sobre la producción de tubérculos. Dicho comportamiento sugiere que dosis excesivas de citoquininas pueden causar un desequilibrio hormonal, reduciendo la translocación de fotoasimilados hacia los tubérculos y, en consecuencia, el rendimiento final.

Asimismo, la interacción significativa entre fuente y dosis en varias de las variables analizadas evidencia que la eficacia de las citoquininas depende no solo de la cantidad aplicada, sino también de la formulación o tipo de molécula utilizada. Este efecto diferencial fue documentado por Mubarok et al. (2022), quienes señalaron que la aplicación combinada de paclobutrazol y BAP en cultivos de papa bajo estrés térmico incrementó el número y peso de tubérculos, mejorando la adaptación fisiológica de la planta en condiciones de altas temperaturas. Según los autores, la acción de las citoquininas favorece la división celular y la formación de nuevos órganos, contribuyendo a una mayor acumulación de biomasa y a la mejora de la productividad incluso bajo condiciones ambientales adversas.

Los resultados obtenidos también concuerdan con lo reportado por Chun et al. (2024), quienes demostraron que la aplicación de una proteína promotora de citoquininas (VDAL)

en papa estimuló el crecimiento aéreo y subterráneo, aumentando el rendimiento en un 18.97%. Dichos efectos se atribuyen a la activación de genes relacionados con la división celular y la tolerancia al estrés por frío, lo que respalda la hipótesis de que las citoquininas desempeñan un papel central en la resiliencia fisiológica y el rendimiento del cultivo.

En el contexto nacional, Camacho (2019) observó que el uso de citoquininas en combinación con regímenes de riego adecuados (250 mm) y aplicaciones sucesivas durante el ciclo vegetativo aumentó significativamente el rendimiento del cultivo de papa variedad Única en Lima, alcanzando valores cercanos a 26 t ha⁻¹. Este resultado guarda relación con los obtenidos en el presente estudio, donde la aplicación intermedia de citoquinina produjo el rendimiento más alto (48,132 t ha⁻¹), lo cual refuerza la idea de que la frecuencia y concentración de aplicación son variables críticas para lograr la máxima eficiencia productiva.

Finalmente, la ausencia de diferencias significativas entre las fuentes Cythor y Triggrr foliar en el rendimiento total coincide con lo descrito por Abouelsaad y Brengi (2022), quienes también concluyeron que, aunque las distintas fuentes de citoquininas pueden generar variaciones morfológicas, sus efectos sobre el rendimiento total tienden a ser equivalentes cuando se mantienen dentro de un rango fisiológicamente óptimo. Esto sugiere que la respuesta de la planta está más asociada a la dosis y al momento de aplicación que al tipo de producto empleado.

En conjunto, los resultados confirman que la aplicación de citoquininas en dosis intermedias constituye una herramienta eficaz para mejorar el rendimiento y la calidad de la papa, especialmente en ambientes de condiciones edafoclimáticas similares a las del valle de Huaral. Además, estos hallazgos aportan evidencia experimental relevante para la adopción de tecnologías hormonales sostenibles en la producción de cultivos andinos de alto valor económico.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- a) La aplicación de citoquininas influyó significativamente en el desarrollo y rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo las condiciones del valle de Huaral. Los resultados demostraron que la acción hormonal promovió un mayor número de tallos por planta, así como un incremento en el número y peso de tubérculos por tallo.
- b) El efecto de las citoquininas dependió significativamente de la dosis aplicada. Entre los tres niveles evaluados (200, 400 y 600 mL por 200 L de agua), la dosis intermedia de 400 mL/200 L se destacó por generar los mejores resultados en variables agronómicas y en el rendimiento total, alcanzando un promedio de 48,132 t ha⁻¹.
- c) La fuente de citoquinina (Cythor o Triggrr foliar) no produjo diferencias significativas en el rendimiento total, aunque sí se observaron variaciones en componentes parciales del rendimiento. Triggrr foliar tendió a favorecer un mayor número de tubérculos por tallo y un mayor peso individual de los mismos.
- d) La interacción significativa entre fuente y dosis indica que la respuesta de la planta depende de la combinación adecuada de ambos factores. Las fuentes de citoquininas mostraron respuestas diferenciales ante las variaciones de dosis, destacando que las dosis intermedias proporcionaron los mejores resultados tanto para Cythor como para Triggrr.
- e) El rendimiento total promedio obtenido (43,09 t ha⁻¹) evidencia el alto potencial productivo del cultivo bajo un manejo adecuado de bioestimulantes hormonales.

6.2 Recomendaciones

- a) **Selección de la fuente hormonal:** Si bien ambas fuentes (Cythor y Triggrr foliar) mostraron resultados estadísticamente similares en el rendimiento total, se sugiere priorizar el uso de Triggrr foliar en programas de manejo fisiológico del cultivo, ya que presentó una tendencia a mejorar variables relacionadas con la calidad y peso de los tubérculos, lo que podría representar una ventaja productiva en campañas agrícolas posteriores.

- b) **Momento y frecuencia de aplicación:** Se recomienda aplicar las citoquininas durante la fase de brotamiento y la etapa de crecimiento vegetativo activo, cuando la planta presenta alta demanda de división celular. En base a la evidencia observada, realizar dos aplicaciones foliares podría optimizar el efecto fisiológico sin generar excesos hormonales que afecten el equilibrio vegetativo-productivo del cultivo.
- c) **Complementar la aplicación con buenas prácticas agronómicas:** Para maximizar la efectividad de las citoquininas, se aconseja complementar su uso con un manejo equilibrado de riego y fertilización, especialmente en nitrógeno y potasio, nutrientes esenciales para el crecimiento del follaje y el llenado de los tubérculos. Asimismo, mantener condiciones de humedad óptima en el suelo facilitará la absorción y acción de los bioestimulantes aplicados.
- d) **Validación a diferentes condiciones agroecológicas:** Se sugiere replicar el estudio en diferentes zonas agroecológicas y variedades de papa, con el fin de validar la dosis y fuente óptima bajo condiciones de altitud, temperatura y fertilidad de suelo variables. Ello permitirá establecer recomendaciones más amplias y adaptadas a las realidades productivas de otras regiones del país.
- e) **Investigaciones complementarias:** Se recomienda desarrollar investigaciones complementarias enfocadas en evaluar la interacción de las citoquininas con otras fitohormonas (auxinas, giberelinas y ácido abscísico) para comprender mejor su efecto sinérgico en la tuberización y analizar los efectos a largo plazo de la aplicación de citoquininas sobre la calidad poscosecha, vida útil y composición nutricional de los tubérculos.

CAPITULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abouelsaad, I., & Brengi, S. (2022). Effects of cytokinin types and concentrations on potato growth, yield, and quality under field conditions. *Alexandria Science Exchange Journal*, 43(3), 495-502. Recuperado de https://journals.ekb.eg/article_263858.html
- Badizadegan, M., Tafazoli, E., & Kheradnam, M. (1972). Effect of N⁶-benzyladenine on vegetative growth and tuber production in potato. *American Potato Journal*, 49(1), 109–116. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02868224>
- Burke, J. (2003). *Growing the potato crop*. Dublín, Irlanda: Vita. Recuperado de: <https://www.iverkproduce.com/wp-content/uploads/Growing-the-Potato-Crop.pdf>
- Caldiz, D., Clúa, A., Beltrano, K. & Tenenbaum, S. (1998) Ground cover, photosynthetic rate and tuber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) crops from seed tubers with different physiological age modified by foliar applications of plant growth regulators. *Potato Research*, 41, 175–185. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02358440>
- Camacho , J. (2019). *Regímenes de riego y momentos de aplicación de citoquininas en papa (Solanum tuberosum) var. unica, bajo goteo*. (tesis pregrado). Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/fa5efb48-c83f-44a8-8a35-214930630a03>
- Chun, J., Wan, M., Guo, H., Zhang, Q., Feng, Y., Tang, Y., ... & Zeng, Z. (2024). Cytokinin-mediated enhancement of potato growth and yield by Verticillium Dahliae effector VDAL under low temperature stress. *BMC Plant Biology*, 24(1), 1115. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1186/s12870-024-05840-9>
- Contrera, S., Noriega, H., Valenzuela, A., Arias, L., Zúñiga, D., & García, S. (2019). Uso de inoculantes como estrategia de manejo agronómico sustentable en fincas de papa (*Solanum tuberosum*) de la región Lima. *Idesia (Arica)*, 37(3), 29-37. Recuperado de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292019000300029&script=sci_arttext
- Davies, P. (2004). *Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action!*. Recuperado de <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-2686-7>

- Duszka, K., Clark, B., Massino, F., & Barciszewski, J. (2009). Biological activities of kinetin. In *Herbal Drugs: Ethnomedicine to Modern Medicine*, 369-380. Recuperado de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-79116-4_20
- Egúsqüiza, B. R. (2000). *La papa. Producción, Transformación y Comercialización. Primera edición*. Perú: International Potato Center. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=6ciGbBX0uFwC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Gan, S., & Amasino, R.. (1995). Inhibition of leaf senescence by autoregulated production of cytokinin. *science*, 270(5244), 1986-1988. Recuperado de <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.270.5244.1986>
- Hilty, J., Muller, B., Pantin, F. y Leuzinger, S. (2021). *Plant growth: the what, the how, and the why*. *New Phytologist*. Recuperado de <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/nph.17610>
- Hwang, I., Sheen, J., & Müller, B. (2012). Cytokinin signaling networks. *Annual review of plant biology*, 63(1), 353-380. Recuperado <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105503>
- Julio, G., Ruiz, I., & Cuesta, X. (2018). Ampliando la frontera agrícola de la papa (*Solanum tuberosum* L.) Para disminuir los efectos del cambio climático. *Revista Universidad y Sociedad*, 10(1), 46-51. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202018000100046&script=sci_arttext&tlng=en#aff1
- Kieber, J., & Schaller, G. (2018). Cytokinin signaling in plant development. *Development*, 145(4), 149344. Recuperado de <https://doi.org/10.1242/dev.149344>
- López, S., Mostacero, J., Gil, A., López, A., Cruz, A. y Villena, L. (2020) Concentraciones de 6-Bencilaminopurina en la propagación in vitro de *Solanum tuberosum* var. Cochacina, en sistemas líquidos estacionario y en agitación. *Manglar*. Recuperado de <https://revistas.untumbes.edu.pe/index.php/manglar/es/article/view/200/337>
- Mahmud, L., Turnip, L., y Revandi, I. (2021). Immersion in 6-Benzylaminopurine for Dormancy Release and Initiation of Potato Sprouts at Various Tuber Weight and

- Storage Duration. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 49(1), 60–67. Recuperado de <https://doi.org/10.24831/jai.v49i1.34374>
- Min, J., Guo, H., Zhang, Q., Yanfeng., Tang, Y., Zhu, B., Sang, Y., Jing, S., Chen, T. y Zeng, Z. (2024). Cytokinin-mediated changes in potato tuber development and quality traits. *Plant Growth Regulation*, 85(3), 1–9. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1186/s12870-024-05840-9>
- Mok, D. W., & Mok, M. C. (2001). Cytokinin metabolism and action. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52(1), 89–118. Recuperado de <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.52.1.89>
- Moreno, M., Van, J. y Benfey, P. (2012). *Chapter nine - Transcriptional Switches Direct Plant Organ Formation and Patterning*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780123864994000094>
- Mubarok, S., Nuraini, A., Sumadi, S. y Sauman, J. (2022). Paclobutrazol and benzylaminopurine improve potato yield grown under high temperatures in lowland and medium land. *Open Agriculture*, 5(1), 410–418. DOI: <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0138>
- Mukherjee, A., Kumar, A., Singh, S., Yadav, S., Bhowmick, S., Abeyasinghe, S. y Prakash, V. (2022). *The bioactive potential of phytohormones: A review*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215017X22000479>
- Obregón, L. (2021). *EFECTO DE LA CITOQUININA EN LAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DEL CULTIVO DE PEPINILLO* (tesis de pregrado). Recuperado de <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/5286/LESLIE%20RUTH%20OBREG%20C3%93N%20YUNCAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Perez, E., Rutte, R., & Osorio, G. (2024). Estrés hídrico en el crecimiento y rendimiento de cultivares comerciales de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la región centro del Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 26(1). 46-55 Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572024000100046&script=sci_abstract

- Rojas, J., Colmenares, M., Hernández, E., Madriz, P., Figueroa, R., & Mantilla, J. (2013). Comparación de la biomasa de dos cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) de distintos orígenes, plantados en Chirgua, estado Carabobo, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 13(1), 39-49. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6055497>
- Román, M., y Hurtado, G. (2002). *Guía técnica del cultivo de La Papa*. San Salvador, El Salvador: Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal (CENTA). Recuperado de <http://istphuancane.pe.tripod.com/docs/agrop/papa.pdf>
- Sablowski, R. y Gutierrez, C. (2022). *Cycling in a crowd: Coordination of plant cell division, growth and fate*. *The Plant Cell*, 34(1), 193–210. Recuperado de <https://academic.oup.com/plcell/article/34/1/193/6366555>
- Sakakibara, H. (2006). Cytokinins: activity, biosynthesis, and translocation. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 57(1), 431-449. Recuperado de <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105231>
- Schneider, A., Godin, C., Boudon, F., Demotes, S., Sakr, S. y Bertheloot, J. (2019). *Light Regulation of Axillary Bud Outgrowth Along Plant Axes: An Overview of the Roles of Sugars and Hormones*. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1296. Recuperado de <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2019.01296/full>
- Sharry, S.E., Adema, M., & Abedini, W. (2015). Plantas de probeta-Manual para la propagación de plantas por cultivo de tejidos in vitro. Recuperado de https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46738/Documento_completo_.pdf-PDFA.pdf?sequence=1
- Soto, R. (2019). *Efecto de las diferentes dosis de citoquininas en la multiplicación in vitro en dos variedades de papas amargas Solanum SP* (tesis de pregrado). Recuperado de <https://repositorio.unasam.edu.pe/item/acd9ed62-796c-4a85-8633-17a349ddf1ce>
- Tulshiram, S., Mahendra, N. y Kassa, G. (2021). Effect of growth regulators on in vitro micropropagation of potato varieties Gudiene and Belete. *The Scientific World*

Journal, 2021, 1–8. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2021/5928769>

Ventocilla, M. (2024). *Efecto de los reguladores de crecimiento en la multiplicación in vitro de papa (Solanum tuberosum Var. Bicentenaria)* (tesis de pregrado). Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.14067/9353>

Werner, T., & Schmülling, T. (2009). Cytokinin action in plant development. *Current Opinion in Plant Biology*, 12(5), 527–538. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369526609000739>

Zahid, G., Iftikhar, S., Shimira, F., Mahammad, H. y Aka, Y. (2023). *Una visión general y el progreso reciente de los reguladores del crecimiento vegetal (PGR) en la mitigación del estrés abiótico en frutas: una revisión*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423822007397>

Zhao, T., Khatoon, S., Matloob, M., Ghazy, A., Doss, A., Rauf, M., & Shah, Z. H. (2024). Delineation of the impacts of varying 6-benzylaminopurine concentrations on physiological, biochemical and genetic traits of different olive cultivars under in vitro conditions. *AoB Plants*, 16(4), 38. Recuperado de <https://academic.oup.com/aobpla/article/16/4/plae038/7720909>

ANEXOS



Figura 1



Figura 2



Figura 3



Figura 4



Figura 5



Figura 6