



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS  
NATURALES Y DEL AMBIENTE**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN DE EXPLANTES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)  
VARIEDAD INIAP-NATIVIDAD MEDIANTE PROPAGACIÓN IN VITRO  
UTILIZANDO DOS CITOQUININAS EN DIFERENTES DOSIS.**

**Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Ingeniería Agronómica.**

**AUTORA:**

Estela Janeth Chimborazo Sangacha

**DIRECTOR:**

Ing. Roque Mauricio Palacios Zuñiga Dr.

**GUARANDA – ECUADOR**

**2026**


**EVALUACIÓN DE EXPLANTES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)  
VARIEDAD INIAP-NATIVIDAD MEDIANTE PROPAGACIÓN IN VITRO  
UTILIZANDO DOS CITOQUININAS EN DIFERENTES DOSIS.**

**REVISADO Y APROBADO POR:**



**Ing. ROQUE MAURICIO PALACIO ZUÑIGA. Dr.**

**DIRECTOR**



**Ing. VICTOR DANILO MONTERO SILVA. Mg.**

**BIOMETRISTA**



**Ing. SONIA DEL CARMEN FIERRO BORJA. Mg.**

**REDACCIÓN TÉCNICA**

## CERTIFICADO DE AUTORÍA

Yo, Estela Janeth Chimborazo Sangacha, con CI 020240308-5, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



**ESTELA JANETH CHIMBORAZO SANGACHA**

**AUTORA**


**CI:020240308-5**



**Ing. ROQUE MAURICIO PALACIOS ZUÑIGA Dr.**

**DIRECTOR**

**CI: 120559282-5**



**Ing. VICTOR DANILLO MONTERO SILVA Mg.**

**BIOMETRISTA**

**CI: 020118558-4**



**Ing. SONIA DEL CARMEN FIERRO BORJA Mg.**

**ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA**

**CI: 020108471-2**



ESCRITURA N°20260201004P00045

**DECLARACIÓN JURAMENTADA**

**OTORGA:**

ESTELA JANETH CHIMBORAZO SANGACHA

**CUANTÍA: INDETERMINADA**

**Di 2 COPIAS**

**P.A.**

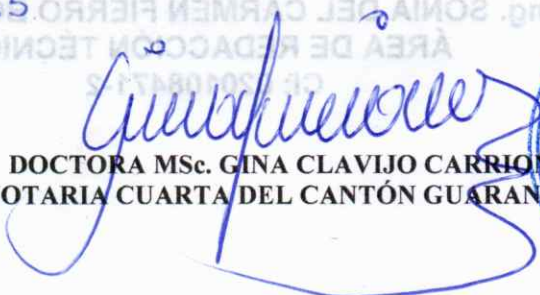
En el Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar, República del Ecuador, hoy jueves a los veintidós días del mes de enero del año dos mil veintiséis, ante mí **DOCTORA MSC. GINA LUCIA CLAVIJO CARRIÓN, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA** comparece con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, la señorita **ESTELA JANETH CHIMBORAZO SANGACHA**, por sus propios y personales derechos. La compareciente declara ser de nacionalidad ecuatoriana, mayor de edad, de estado civil soltera, de ocupación estudiante, domiciliada en el Barrio La Comunidad, parroquia San Miguel, cantón San Miguel y de paso por este cantón Guaranda, provincia Bolívar; con celular número cero nueve tres nueve ocho cuatro uno cuatro seis uno y con correo electrónico [eschimborazo@mailes.ueb.edu.ec](mailto:eschimborazo@mailes.ueb.edu.ec), hábil en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quien de conocer doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación, en base a la cual obtengo la certificación de dato biométrico del Registro Civil, La compareciente me autoriza de conformidad con el artículo setenta y cinco de la Ley Orgánica de Gestión de la Identidad y Datos Civiles, a la obtención e impresión del Registro Personal Único cuyo custodio es la Dirección General de Registro Civil, Identificación y Cedulación, que incorporo a la presente escritura. Además, me facultan de conformidad con el artículo sesenta y seis, numeral diecinueve de la Constitución de la República del Ecuador, en concordancia con el artículo ocho, de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, a declarar y dar un tratamiento legítimo a sus datos personales en el presente instrumento público y además a petición expresa de las partes adjunto sus documentos personales como son cédulas de ciudadanía y certificados de votación, mismos que agrego a esta escritura como habilitantes. Advertida la compareciente por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinada que fue en forma aislada y separada de que comparece al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción, advertida la compareciente de la obligación que tiene de decir la verdad y conocedora de la penas de perjurio declara: Yo, **ESTELA JANETH CHIMBORAZO SANGACHA**, de estado civil soltera, declaro bajo juramento que: los criterios e ideas emitidos en el presente trabajo de investigación titulado **EVALUACIÓN DE EXPLANTES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD INIAP-NATIVIDAD MEDIANTE PROPAGACIÓN IN VITRO UTILIZANDO DOS CITOQUININAS EN DIFERENTES DOSIS**. El trabajo de investigación aquí escrito es de mi autoría y por lo tanto soy responsable de las ideas y contenidos expuestos en el mismo y autorizo a la Universidad Estatal de Bolívar a hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de lo que contiene la obra, con fines estrictamente académicos o de investigación expuestos en el mismo. En el proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Es todo cuanto puedo declarar. Para su celebración y otorgamiento se observaron los preceptos de ley que el caso requiere; y, leída que le fue íntegramente a la compareciente por mí la Notaria, aquella se afirma y ratifica en todas sus partes y firma junto conmigo en unidad de acto, incorporándose al protocolo de esta Notaria, la presente declaración juramentada, de todo lo cual doy Fe. -----



**SRTA. ESTELA JANETH CHIMBORAZO SANGACHA.**

C.C. 020 2403085

*GLCC*



**DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION**  
**NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA**





# TESIS-PAPA-PREDEFENSA (Corregida)

8%  
Textos  
sospechosos

- 4% Similitudes
  - 0% similitudes entre comillas
  - < 1% entre las fuentes mencionadas
- 7% Idiomas no reconocidos (ignorado)
- 3% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: TESIS-PAPA-PREDEFENSA (Corregida).docx  
ID del documento: c173a5e5b21f20e1c0ebda090c17818ceb791c88  
Tamaño del documento original: 1,51 MB

Depositante: Roque Mauricio Palacios Zuñiga  
Fecha de depósito: 13/1/2026  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 13/1/2026

Número de palabras: 15.806  
Número de caracteres: 105.408

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/04fd1e95-269a-4015-92b7-65e8fb8bcc...">dspace.ueb.edu.ec</a> 2 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (473 palabras)
2	<a href="https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/08f593f2-be27-4616-9223-39c5ef47cab...">dspace.ueb.edu.ec</a> 21 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (317 palabras)
3	Documento de otro usuario #e531f9 Viene de de otro grupo 1 fuente similar	1%		Palabras idénticas: 1% (180 palabras)
4	repositorio.uchile.cl   Evaluación del efecto de distintas concentraciones de cito... 20 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (136 palabras)
5	repositorio.uchile.cl   Evaluar el efecto del uso de dos citoquininas en distintas c... 22 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (126 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.nature.com   Effects of benzylaminopurine and gibberellic acid on growth, ... https://www.nature.com/articles/s41598-025-27667-6	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
2	Documento de otro usuario #4a974e Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)
3	repositorio.uteq.edu.ec https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2552c01e-3beb-44c7-b977-073748...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
4	Documento de otro usuario #87d6a2 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
5	Documento de otro usuario #ea86c2 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)

## Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080677>
- <https://doi.org/10.26682/ajuod.2023.26.1.22>
- <https://doi.org/10.34294/fjsta.21.10.66>
- <https://doi.org/10.1186/s43141-022-00406-4>
- <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/rt/printerFriendly/422/716>

Ing. ROQUE MAURICIO PALACIOS ZUÑIGA Dr.  
DIRECTOR

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro en primer lugar, a Dios por ser mi fortaleza, darme sabiduría, nunca dejarme rendirme y darme la oportunidad de culminar este gran desafío.

A mi amada hija el ser que más quiero sobre la tierra, quien mediante su amor me inspiro para nunca rendirme, dándome fuerzas para tener perseverancia y hacerme posible alcanzar este sueño.

A mi pareja que es mi pilar fundamental en apoyarme quien estuvo en mis momentos malos y buenos brindándome su apoyo incondicional.

A mis estimados padres quienes me dieron la vida y me enseñaron hacer una persona de bien.

A mis hermanos/as y a mi amiga quien fue el soporte fundamental en los momentos más difíciles para culminar con éxitos en la Carrera.

*Estela Janeth Chimborazo Sangacha*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme sostenido en cada paso de este camino, también expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, en especial a la Carrera de Ingeniería Agronómica y a sus docentes por haber brindado la oportunidad de formarme profesionalmente ofreciéndome una educación de calidad, basada en valores y conocimientos científicos.

De la misma manera al laboratorio de Biotecnología agrícola, por la apertura para la realización del Proyecto de Investigación, especialmente al Ing. Víctor Hugo Cortez quien me brindó sus conocimientos, para llevar a cabo investigación.

A mi Tribunal y docentes guías del trabajo del Proyecto de Investigación, Ing. Danilo Montero como Biometrista, Ing. Sonia Fierro de la Área de Redacción Técnica, por sus sabios consejos, por poner a mi disposición su experiencia profesional confianza, amistad, y paciencia infinita para moldear mis ideas.

Agradezco de manera especial al Dr. Roque Mauricio Palacios Zuñiga, director del Proyecto de Investigación, por apoyarme, con su paciencia infinita para guiarme solidariamente, y compartir sus conocimientos durante el desarrollo de este trabajo de investigación, por la confianza depositada en mí, gracias por su tiempo, sus valiosos consejos y por haberme motivado a superar cada desafío que surgió en el camino y recordarme que las metas se alcanzan con disciplina y perseverancia.

A mis queridas docentes Ing. Sonia Del Carmen Salazar, Ing. Estefi Vega, por brindarme la motivación para realizar mi investigación en el área de biotecnología, por brindarme su amistad, conocimientos y experiencias desde inicio a fin de esta investigación.

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
I INTRODUCCIÓN .....	1
II PROBLEMA .....	3
III MARCO TEÓRICO.....	4
3.1. Cultivo de papa .....	4
3.1.1. Origen .....	4
3.1.2. Clasificación botánica .....	4
3.1.3. Morfología .....	5
3.1.4. Requerimientos edafoclimáticos .....	6
3.1.5. Variedades.....	7
3.1.6. Propagación.....	8
3.1.7. Plagas y enfermedades .....	9
3.1.8. Cosecha.....	11
3.2. Propagación in vitro.....	11
3.2.1. Medios de cultivo para la propagación in vitro .....	12
3.3. Fitohormonas y su clasificación.....	14
3.4. Citoquininas.....	16
3.4.1. Kinetina.....	17
3.4.2. 6-Bencilaminopurina.....	19
IV MARCO METODOLÓGICO.....	20
4.1. Materiales.....	20
4.1.1. Ubicación de la investigación.....	20
4.1.2. Situación geográfica y climática .....	20
4.1.3. Zona de vida.....	21
4.1.4. Material experimental .....	21
4.1.5. Material de laboratorio .....	21
4.1.6. Material de oficina .....	25
4.2. Métodos .....	25

4.2.1.	Factores en estudio.....	25
4.2.2.	Tratamientos .....	25
4.2.3.	Tipo de diseño experimental .....	26
4.2.4.	Tipos de análisis.....	26
4.2.5.	Métodos de evaluación y datos evaluados.....	26
4.2.6.	Manejo del experimento.....	27
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
5.1.	Número de frascos contaminados .....	30
5.2.	Variable brote por explantes.....	31
5.3.	Variable altura de brotes.....	34
5.4.	Variable tasa de velocidad de multiplicación.....	37
5.5.	Variable tasa de proliferación final .....	40
5.6.	Variable porcentaje de viabilidad.....	43
VI	COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS.....	46
VII	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	47
7.1.	Conclusiones.....	47
7.2.	Recomendaciones.....	48
	BIBLIOGRAFÍA.....	49
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N°.	Pág.
1 Combinación de los factores A x B.....	25
2 Resultados promedios en la variable número de frascos contaminados ...	30
3 Análisis de varianza de la variable brote por explantes .....	31
4 Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A (Citoquininas) en la variable número de brotes por explante.....	32
5 Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor B (Dosis de citoquininas) en la variable número de brotes por explante .....	34
6 Análisis de varianza de la altura de brotes .....	35
7 Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A (Citoquininas) en la variable altura de brotes .....	36
8 Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor B (Dosis de citoquininas) en la variable altura de brotes.....	37
9 Análisis de varianza de la variable tasa de velocidad de multiplicación..	38
10 Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A (Citoquininas) en la variable tasa de velocidad de multiplicación.....	39
11 Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor B (Dosis de citoquininas) en la variable tasa de velocidad de multiplicación .....	40
12 Análisis de varianza de la variable tasa de proliferación final.....	42

13 Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A (Citoquininas) en la variable tasa de proliferación final.....	42
14 Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor B (Dosis de citoquininas) en la variable tasa de proliferación final.....	44
15 Resultados promedios para comparar los promedios del factor A (Citoquininas) en el porcentaje de viabilidad.....	45
16 Resultados promedios para comparar los promedios del factor B (Dosis de citoquininas) en la variable porcentaje de viabilidad.....	46

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N°	Pág.
1 Promedios de la variable porcentaje de frascos contaminados en las evaluaciones realizadas .....	30
2 Promedios del factor A de la variable número de brotes por explante .....	33
3 Promedios del factor B de la variable número de brotes por explante.....	34
4 Promedios del factor A de la variable altura de brotes (cm).....	36
5 Promedios del factor B de la variable altura de brotes (cm).....	37
6 Promedios del factor A de la variable tasa de velocidad de multiplicación.....	39
7 Promedios del factor B de la variable tasa de velocidad de multiplicación.....	41
8 Promedios del factor A de la variable tasa de proliferación final.....	43
9 Promedios del factor B de la variable tasa de proliferación final.....	44
10 Promedios del factor A de la variable porcentaje de viabilidad.....	45
11 Promedios del factor B de la variable porcentaje de viabilidad.....	46

## ÍNDICE DE ANEXO

### ANEXO N°

- 1 Mapa de la localización donde se realizó la investigación
- 2 Esquema del experimento
- 3 Base de datos
- 5 Manejo del experimento
- 6 Glosario de términos técnicos

## RESUMEN

Este proyecto de investigación se evalúa explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad INIAP-Natividad mediante propagación in vitro utilizando dos citoquininas en diferentes dosis, para multiplicar material vegetal de papa con alta calidad en un corto periodo de tiempo, el experimento se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Los objetivos planteados fueron: i) Determinar la mejor citoquinina (Kinetina – 6-Bencilaminopurina) que favorece al mayor desarrollo y vigor de los explantes de papa, ii) Identificar la dosis que favorece al mayor desarrollo de la plántula de la papa. El experimento fue realizado en un diseño de completos al azar (DCA) en arreglo factorial 2x4, con 6 tratamientos más dos testigos en 4 repeticiones. Todas las variables estuvieron sometidas al análisis de varianza, las comparaciones entre medias de tratamientos fueron realizadas mediante la prueba de Tukey al 95% de probabilidad. Los resultados señalan, que la contaminación de los frascos días después del establecimiento del cultivo in vitro se reduce gradualmente mostrando una relación decreciente con 3.13%, la citoquinina que favoreció la propagación in vitro de explantes de papa fue la Bencilaminopurina con promedio de 2.16 brotes por explantes, mientras que la kinetina presenta mayor viabilidad en los explantes, siendo de las citoquininas la dosis de dos mililitros por litro que favorece proliferación de brotes y la mayor tasa de multiplicación.

**Palabras Claves:** fitohormonas; reguladores de crecimiento; cultivo in vitro.

## SUMMARY

This research evaluates potato (*Solanum tuberosum* L.) explants of the INIAP-Natividad variety through in vitro propagation using two cytokinins at different doses, to multiply high-quality potato plant material in a short period of time. The experiment was carried out in the Biotechnology Laboratory of the State University of Bolívar, Faculty of Agricultural Sciences. The objectives were: i) To determine the best cytokinin (Kinetin – 6-Benzylaminopurine) that favors the greatest development and vigor of potato explants, ii) To identify the dose that favors the greatest development of the potato seedling. The experiment was conducted in a Randomized Completely Randomized Design (CRD) in a 2x4 factorial arrangement, with 6 treatments plus two controls in 4 replicates. All variables were subjected to analysis of variance, and comparisons between treatment means were performed using Tukey's test at a 95% probability level. The results indicate that the contamination of the flasks days after the establishment of the in vitro culture gradually decreases, showing a decreasing relationship with 3.13%. The cytokinin that favored the in vitro propagation of potato explants was Benzylaminopurine with an average of 2.16 shoots per explant, while kinetin showed greater viability in the explants. Of the cytokines, the dose of two milliliters per liter favored shoot proliferation and the highest multiplication rate.

**Key Words:** phytohormones; growth regulators; in vitro culture.

# I INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) está entre los cultivos más importantes a nivel mundial, con una producción promedio de 388 millones de t/año (Herrera-Isidron et al., 2021). Este tubérculo es el cuarto cultivo más producido después del maíz, trigo y el arroz, formando un pilar fundamental para la seguridad alimentaria en muchos países (Sampaio et al., 2020). En América Latina, la papa ocupa un lugar destacado tanto en la dieta diaria como en la economía de las comunidades rurales, representando una fuente de ingresos para pequeños y medianos productores (Cobos et al., 2022).

El cultivo de papa en el Ecuador comprende aproximadamente una superficie de 17.997 mil hectáreas alcanzando una producción de 262.038 mil toneladas. La producción se centra en las provincias de Carchi, Chimborazo y Cotopaxi con el 63.1% de lo cual la provincia del Carchi alcanzando con un 28.4% siendo el sustento económico de las familias locales de estas provincias, donde este cultivo expresa su máximo potencial de rendimiento debido a sus condiciones agroclimáticas favorables para este cultivo y sus suelos fértiles (Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC, 2024); (Ministerio de Agricultura y Ganadería; Sistema de Información Pública Agropecuaria MAG & SIPA, 2022).

La papa en nuestro país es un cultivo estratégico para la región Sierra, debido a que se cuenta con las condiciones agroclimáticas adecuadas para su producción. Varias variedades como la INIAP-Natividad, que actualmente se encuentra en producción por su adaptación al medio y aceptación en mercados locales y nacionales. Sin embargo, la producción nacional de papa se enfrenta a grandes desafíos, entre ellos la plaga, enfermedades y degradación genética de semilla por uso continuo e indiscriminado de tubérculo-semilla (Ayala & Alencastro, 2023).

Existen diversas limitaciones en la producción de papa como la falta de acceso a semillas (tubérculos) certificadas de alta calidad, dependencia de variedades locales y métodos de multiplicación rudimentarios, entre otros (Colnago et al., 2023).

Estas limitaciones no son ajenas al Ecuador, debido a la degradación genética del material vegetal, el uso recurrente de tubérculos-semillas infectados por virus, la

incidencia de plagas y enfermedades son algunos de los principales problemas que limitan el rendimiento de la papa. Todos estos factores, sumado a la falta de acceso a herramientas modernas y a programas de capacitación técnica dirigidos a los productores, se ha traducido en una baja calidad y producción, afectando directamente la competitividad de los productores locales en los mercados nacionales e internacionales (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, 2022).

En este contexto, la biotecnología agrícola emerge como herramienta fundamental para abordar dichos problemas. La propagación *in vitro* se ha posicionado como una técnica efectiva para la obtención de plantas libres de enfermedades, genéticamente uniformes y con un potencial optimizado para el rendimiento. Esta metodología, además de permitir un cultivo controlado de explantes en condiciones estériles, ofrece soluciones para regenerar y multiplicar material vegetal de alta calidad en un corto periodo de tiempo (Ahmed, 2022).

Las citoquininas y auxinas son hormonas vegetales que desempeñan un papel crucial en el crecimiento y desarrollo de las plantas en los cultivos *in vitro* de la papa, especialmente en etapas críticas como la germinación y el crecimiento de raíces y brotes. Este estudio se enfoca en evaluar el efecto de distintas concentraciones de citoquinina sobre la multiplicación *in vitro* de explantes de papa, con el objetivo de optimizar un protocolo que permita mejorar la producción de plantas en condiciones controladas, contribuyendo así a la disponibilidad de material vegetal sano para la agricultura (Bajguz & Piotrowska-Niczyporuk, 2023).

Los objetivos planteados dentro de esta investigación fueron:

- Determinar la mejor citoquinina (Kinetina – 6-Bencilaminopurina) que favorece al mayor desarrollo y vigor de los explantes de papa.
- Identificar la dosis que favorece al mayor desarrollo de la plántula de la papa.

## II PROBLEMA

Entre otros factores que disminuyen la productividad local de la papa se encuentran la degradación genética que no garantizan la homogeneidad de los cultivos, las enfermedades del cultivo, especialmente las transmitidas por tubérculos de semilla con baja calidad como la punta morada, lo que ha llevado a los bajos niveles de productividad del cultivo. Históricamente los agricultores ecuatorianos utilizan como semilla, tubérculos seleccionados de cosechas anteriores lo que ha tornado en una de las fuentes de diseminación y propagación de la enfermedad reduciendo los rendimientos entre el 90 y 100%.

Producir material vegetal de calidad libre de patógenos es importante, siendo así la propagación in vitro representa una oportunidad para aportar a la solución de estas problemáticas permitiendo obtener material vegetal de calidad para propagar plantas homogéneas y libres de enfermedades. Sin embargo, la papa en la multiplicación in vitro necesita la aplicación adecuada de citoquininas para la inducción de la brotación de yemas y proliferación, además en combinación con otras hormonas para la regulación metabólica en la planta.

Siendo así, la evaluación de las citoquininas exógenas y sus dosis en la propagación in vitro, es clave para orquestar procesos tan importantes como la división celular y su concentración depende mucho de la variedad de papa, la etapa específica del cultivo in vitro y de la interacción con otras fitohormonas, como las auxinas. Encontrar ese equilibrio perfecto es lo que marca la diferencia entre una multiplicación exitosa.

Por lo tanto, este Proyecto de Investigación se realizó para encontrar el equilibrio, entre las dosis de citoquininas exógena que maximicen la multiplicación in vitro de los explantes de papa, libres de patógenos para contribuir a la solución de la presenta problemática y poder utilizar el método de propagación in vitro para producir material vegetal de calidad que garantice la producción del cultivo de la papa.

### III MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Cultivo de papa

##### 3.1.1. Origen

El origen de la papa tiene sus inicios hace 8000 años, en el altiplano Peruano y Boliviano de allí habría pasado a la zona sur de Chile, donde se habrían desarrollado especies secundarias, las evidencias arqueológicas y genéticas muestran que las poblaciones indígenas fueron los primeros que comenzaron a domesticar variedades silvestres de papa (Betancur et al., 2024).

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.), es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial por su alto valor nutricional en la alimentación humana aportando carbohidratos, vitaminas y minerales a la dieta del ser humano. Entre el trigo, el arroz y el maíz, la papa es el cuarto cultivo más producido en el mundo (Devaux et al., 2024).

Su adaptación a múltiples ambientes y su potencial de producción relativamente alto en comparación con otros cultivos hace que sea un cultivo esencial para la seguridad alimentaria, en particular en algunas regiones (Devaux et al., 2024). En países como Ecuador, la papa es un componente esencial en la dieta y en la agricultura familiar, generando empleo e ingresos para pequeños y medianos agricultores (Villavicencio et al., 2022).

##### 3.1.2. Clasificación botánica

La papa pertenece a la familia Solanaceae, es una planta herbácea, dicotiledónea, provista de un sistema aéreo y otro subterráneo de naturaleza rizomatosa del cual se originan los tubérculos (Guillén, 2022; James, 2022; Vásquez, 2025).

Clasificación taxonómica de *Solanum tuberosum* L., Modificado de Guillén (2022), James (2022) y Vásquez (2025)

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase:</b>	Asteridae
<b>Orden:</b>	Solanales
<b>Familia:</b>	Solanaceae
<b>Subfamilia:</b>	Solanoideae
<b>Tribu:</b>	Solaneae
<b>Género:</b>	<i>Solanum</i>
<b>Subgénero:</b>	Potatoe
<b>Sección:</b>	<i>Petota</i>
<b>Serie:</b>	<i>Tuberosa</i>
<b>Especie:</b>	<i>Tuberosum</i>
<b>Nombre científico</b>	<b><i>Solanum tuberosum</i> L.</b>

### 3.1.3. Morfología

La descripción botánica presente a continuación ha sido realizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, basada en los descriptores morfológicos establecidos, como referentes en los estudios de materiales nativo de papa. La planta de papa según las variedades exhibe un crecimiento erecto o semirrecto presentando las siguientes características (Márquez-Vasallo et al, 2020).

➤ **Raíz:** El tipo de raíz depende de la procedencia de la semilla. Si el origen es la semilla sexual, formará un sistema de raíces pivotante, por otro lado, si la planta se originó a partir de la semilla asexual (el tubérculo), sus raíces son fibrosas. En comparación con otros cultivos, la papa tiene un sistema radicular débil, el tipo de sistema de raíces varía de delicado y superficial a fibroso y profundo (James, 2022).

➤ **Los tubérculos:** Son tallos modificados y constituyen los órganos de reserva de la planta; varían en tamaño, forma, color de la piel y masa. Las yemas u ojos del tubérculo maduro permanecen latentes (dormancia) hasta que desarrollan un estolón de donde se origina una nueva planta (Condori , 2025).

➤ **Tallo:** Se originan de las yemas u ojos del tubérculo madre. Las plantas provenientes de semilla verdadera tienen un solo tallo principal, mientras que las provenientes de tubérculos semilla pueden producir varios tallos (Cortes, 2022).

➤ **Hoja:** Son compuestas, tienen un peciolo con varios folíolos laterales y uno terminal. A medida que crece la planta, sus hojas fabrican el almidón, que es transferido a las terminaciones de sus tallos subterráneos o estolones (Martínez & Ojeda, 2023).

➤ **Inflorescencia:** Es bisexual está dividido generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdivide en otras dos ramas. De esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa. De las ramas de las inflorescencias salen los pedicelos, en cuyas puntas superiores se encuentran los cálices. Cada pedicelo tiene una coyuntura o articulación en la cual se desprenden del tallo las flores o los frutos. Esta articulación es pigmentada en algunas variedades cultivadas (Márquez-Vasallo et al, 2020).

➤ **El fruto maduro:** Es una baya generalmente de color verde oscuro y contiene las semillas, denominadas semillas botánicas, para diferenciarlas del tubérculo-semilla (Castro, 2023).

#### **3.1.4. Requerimientos edafoclimáticos**

La producción de papa en el trópico se ve favorecida por las condiciones de clima que se dan en las tierras altas, donde se presentan las condiciones para el cultivo, las condiciones edafoclimáticas son necesarias para un óptimo rendimiento, las condiciones los requerimientos climáticos y edáficos óptimos para cultivar papa son las siguientes (Herrera y Lozano, 2022):

➤ **Temperatura:** Para el cultivo de papa la temperatura ideal se encuentra entre 10°C y 35°C, siendo la temperatura óptima para el desarrollo de las raíces y el crecimiento de la planta entre 15°C y 20°C (López, 2023).

➤ **Humedad relativa:** Ideal para el cultivo de papa oscila entre el 60 y 80%. En el caso de almacenamiento, la humedad relativa recomendada es de 90-95% para evitar el encogimiento y la pérdida de peso de los tubérculos (Moya, 2024).

➤ **Suelo:** Los suelos ideales son los francos, franco arenosos, franco limosos, franco arcillosos con buen drenaje y ventilación y que también faciliten la recolección (Peñañiel, 2024).

➤ **El pH:** El balance de pH más favorable para la producción de papa es entre 5.5 y 7.0. Pero también la papa puede crecer en suelos con pH 4.5-8.5. Los suelos que son demasiado ácidos o alcalinos que influyen en la disponibilidad de algunos nutrientes para el cultivo (Zhinin, 2024).

### 3.1.5. Variedades

Las variedades desarrolladas por el INIAP suelen ser muy relevantes porque son el resultado de programas de mejoramiento genético que buscan ofrecer mayor rendimiento, resistencia a enfermedades y plagas, o características específicas para la industria, lo que las hace muy atractivas para los productores. Las variedades nativas, aunque a veces con menores rendimientos, son valoradas por su sabor, tradición y adaptabilidad a condiciones locales. Entre las variedades de papa más importantes en el Ecuador se encuentran: INIAP-Gabriela, Superchola, INIAP-Natividad, INIAP-Fripapa, INIAP-Cecilia, Yema de huevo (Chauchas), Uvilla, Leona (Cuesta et al., 2022).

#### ➤ Variedad de papa INIAP-Natividad

La variedad de papa INIAP-Natividad es una variedad de papa ecuatoriana desarrollada para la zona central del país, destacándose por su moderada resistencia al tizón tardío, buen rendimiento y doble aptitud de consumo (fresco y procesamiento en bastón) (Cuesta-Subia et al., 2020).

La variedad de papa Natividad tiene resistencia a lancha (*Phytophthora infestans*), es de consumo fresco desarrollada por el INIAP con apoyo de Centro Internacional de la Papa (CIP) a partir del cruzamiento entre la variedad INIAP-Gabriela con un

hibrido entre Yema de huevo (*S. pausissectum*) la cual poseen la resistencia a lancha, los días para la cosecha varían entre 120 y 145 días, su hábito de crecimiento es semi-erecto con una altura de entre 70 y 120 cm, alcanzando rendimientos entre 1.6 – 2.1, siendo los tubérculos oblongos alargados (Cuesta et al., 2022).

Los tallos son de color verde con manchas, las hojas tiene un foliolo terminal entre 4 a 5 foliolos laterales y un par de interhojuelas sobre peciolulos, las flores son de color lila con corola de forma semi-erecta y de forma profusa, los brotes tienen color predominante blanco/rosado con color rosado en el ápice (Cuesta et al., 2022).

### **3.1.6. Propagación**

#### **➤ Propagación sexual de la papa**

Es el método de reproducción sexual en la papa que implica la utilización de las semillas resultantes de la polinización y fecundación para generar nuevas plantas. Estas semillas poseen una combinación única de material genético de los parentales, lo que da como resultado una descendencia que puede genéticamente variar de sus antecesoras (Betancourth et al., 2023).

El cultivo sexual de la papa es el proceso de producir plantas a través de la semilla verdadera o botánica, que se encuentra en los frutos que produce la planta de papa (bayas). Este método es diferente de la propagación asexual, que es la forma más común de multiplicar la papa mediante la siembra de tubérculos (Basilio & Robles, 2025; López, 2022; Sanchez, 2023).

#### **➤ Propagación asexual**

La propagación asexual de la papa es el método más común y comercialmente importante para multiplicar esta planta. A diferencia de la propagación sexual que utiliza semillas botánicas, la propagación asexual utiliza partes vegetativas de la planta madre para generar descendencia genéticamente idéntica (clones) (Poaquiza, 2024).

El método de reproducción asexual de la papa consiste en utilizar un tubérculo completo, sin cortar ni dividir, como la unidad de siembra para generar una nueva planta idéntica a la planta madre. Se seleccionan tubérculos sanos, medianos y con varias yemas o "ojos", se siembran directamente en el suelo tiene un alto vigor y uniformidad en la planta (Juares, 2024; Molina, 2023).

### 3.1.7. Plagas y enfermedades

El cultivo de papa se ve afectado por diversas plagas y enfermedades que pueden causar pérdidas significativas en el rendimiento y la calidad de los tubérculos, las plagas y enfermedades que afectan el cultivo de papa son las siguientes (Flores, 2024):

#### ➤ **Plagas:**

- **Gusano blanco (*Premnotrypes vorax*):** Las larvas se alimentan de los tubérculos, causando galerías y depreciación. Es una de las plagas más dañinas.
- **Polilla de la papa (*Phthorimaea operculella* y otras especies):** Las larvas perforan túneles en hojas, tallos y tubérculos, tanto en campo como en almacenamiento.
- **Pulguilla (*Epitrix* spp.):** Los adultos dañan las hojas con pequeñas perforaciones, y las larvas se alimentan de las raíces y la superficie de los tubérculos.
- **Minador de la hoja (*Liriomyza* spp.):** Las larvas crean galerías dentro de las hojas, reduciendo la capacidad fotosintética de la planta.
- **Pulgones (*Myzus persicae* y otros):** Chupan la savia de las plantas, debilitándolas y pudiendo transmitir virus.
- **Trips (Thysanoptera):** Se alimentan de las hojas, causando deformaciones y plateado.

- **Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*):** Similar al minador de la hoja, causa daños en el follaje.
- **Nematodo del quiste (*Globodera pallida*):** Ataca las raíces, formando quistes y afectando la absorción de nutrientes, lo que lleva a plantas pequeñas y amarillentas.
- **Punta morada** (transmitida por *Bactericera cockerelli*): Esta plaga/enfermedad emergente causa graves daños, incluyendo tubérculos aéreos y muerte prematura de la planta.
- **Enfermedades:**
  - **Tizón tardío o lancha (*Phytophthora infestans*):** Es una de las enfermedades más devastadoras, afectando hojas, tallos y tubérculos con manchas irregulares y pardas que se expanden rápidamente, especialmente en condiciones de alta humedad.
  - **Rizoctoniasis o costra negra (*Rhizoctonia solani*):** Causa lesiones en brotes, tallos y tubérculos, así como la formación de esclerocios (estructuras de resistencia) en la superficie de los tubérculos.
  - **Pudrición seca (*Fusarium spp.*):** Causa pudrición interna de los tubérculos almacenados, con áreas secas y arrugadas.
  - **Sarna polvorienta o roña (*Spongospora subterranea*):** Produce agallas o tumores en las raíces, estolones y tubérculos, afectando su calidad.
  - **Pie negro o pudrición blanda (*Pectobacterium spp.* antes Erwinia):** Causa marchitamiento, ennegrecimiento de la base del tallo y pudrición húmeda y maloliente de los tubérculos.
  - **Virosis (Virus Y, Virus X, Virus del enrollamiento de la hoja, etc.):** Causan diversos síntomas como amarillamiento, enrollamiento de hojas, enanismo y deformación de los tubérculos.

- **Roya (*Puccinia pittieriana*):** Produce pústulas anaranjadas en las hojas.
- **Marchitez (*Verticillium spp.*):** Causa amarillamiento y marchitamiento progresivo de las hojas, comenzando por las inferiores.
- **Punta Morada:** Es una enfermedad fitosanitaria importante que afecta al cultivo de papa en Ecuador y otras regiones. Es causada por fitoplasmas, que son bacterias sin pared celular que viven en el floema (tejido vascular) de las plantas. Estos fitoplasmas interrumpen el flujo normal de nutrientes en la planta, lo que lleva a una serie de síntomas característicos.

### 3.1.8. Cosecha

La recolección debe llevarse a cabo una vez que las plantas han alcanzado su madurez fisiológica (cambio en el color de las hojas de verde a amarillo - marrón, ausencia de floración y presencia de acame en las plantas), y al frotar la piel del tubérculo esta no debe desprenderse (Cobos et al., 2022).

Desde el punto de vista de la agricultura, la papa es un cultivo estratégico que contribuye al desarrollo de las áreas rurales y la estabilidad económica de muchas comunidades. Su producción incluye un gran valor de creación de precio, incluidos agricultores, distribuidores, mercados agrícolas locales e internacionales. Sin embargo, la producción de papas enfrenta problemas como la degradación del suelo y la baja calidad de semilla certificada, lo que enfatiza la necesidad de tecnologías como la propagación *in vitro* para propagarse mejorando la calidad de los materiales de siembra otros (Betancur et al., 2024).

El uso de la biotecnología en la producción de papa le permite crear plantas sin patógenos, con las mejores características agronómicas y más adaptable a las condiciones cambiantes, lo que contribuye al hecho de que estable y la competitividad de la agricultura (Sawicka et al., 2021).

### 3.2. Propagación *in vitro*

La propagación *in vitro* es un método de biotecnología utilizado para regenerar las plantas en condiciones controladas en el laboratorio. Se basa en el cultivo de células,

tejidos o plantas en un entorno de reproducción artificial en condiciones estéril, rico en nutrientes y regulador de crecimiento. Este método asegura la producción de materiales vegetales sin enfermedad y con mejores características agronómicas, siendo ampliamente usado en la agricultura genética (Abdalla et al., 2022).

La propagación in vitro también conocida como cultivo de tejidos vegetales o micropropagación es un conjunto de técnicas biotecnológicas que permiten la multiplicación asexual de plantas a partir de tejidos vegetales (explantes), células u órganos, cultivados en un medio nutritivo artificial y estéril bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura, humedad). Este proceso se lleva a cabo "en vidrio" (in vitro), generalmente en recipientes transparentes, y tiene como objetivo generar un gran número de plantas genéticamente idénticas a la planta madre (clones) (Castillo, 2024).

La micropropagación del cultivo de papa en las diferentes etapas ha sido ampliamente estudiado, mediante esta técnica las plántulas y microtubérculos desarrollados pueden ser cultivados bajo condiciones controladas para la producción de semilla pre-básica, la cual, después de algunos ciclos de multiplicación puede ser entregada a los agricultores (Araque et al., 2018).

### **3.2.1. Medios de cultivo para la propagación in vitro**

Los medios de cultivo son la base nutritiva esencial para la propagación in vitro de plantas. Proporcionan los nutrientes y el soporte necesarios para el crecimiento y desarrollo de explantes (fragmentos de tejido vegetal) en condiciones asépticas. La composición del medio es crucial y se ajusta según la especie vegetal, el tipo de explanto y la etapa de la propagación (Toro de la Cruz et al., 2021), a continuación, tenemos las sales minerales, vitaminas y agar necesario para un medio de cultivo, así como las soluciones madres a preparar:

#### **➤ Sales minerales MS (Murashige y Skoog) en (mg/l)**

- $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$  1.650
- $\text{KNO}_3$  1.900
- $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0.440

- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.370
  - $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.170
  - $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.0278
  - $\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0.0372
  - $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.0086
  - $\text{H}_3\text{BO}_3$  0.0062
  - KI 0.00083
  - $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0.00025
  - $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0.000025
  - $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0.000025
  - Mioinositol 0.100
  - Tiamina HCl 0.0001
  - Acido nicotínico 0.0005
  - Piridoxina HCl 0.0005
  - Glicina 0.002  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  27,8
  - $\text{Na}_2\text{EDTA}$  37,3
  - $\text{H}_3\text{BO}_3$  6,2
  - $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  22,3
  - $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,25
  - $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,025
  - $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0,025
  - KI 0,83
  - Vitaminas en mg/l
  - Agar 7.
- **Elaboración de soluciones madre del medio de cultivo Murashige y Skoog**

Para la realización del medio de cultivo “MS” se elaboran las siguientes:

- Stock de macronutrientes
- Stock de micronutrientes
- Stock de kelatos de hierro (Fe)
- Soluciones Stock de vitaminas

- Soluciones Stock de Reguladores

### 3.3. Fitohormonas y su clasificación

Las fitohormonas son compuestos orgánicos producidos naturalmente por las plantas que regulan su crecimiento, desarrollo y respuesta a estímulos ambientales. Actúan en bajas concentraciones y desempeñan un papel clave en procesos fisiológicos como la división y elongación celular, la formación de raíces y brotes, la floración y la maduración de frutos (Bajguz & Piotrowska-Niczyporuk, 2023).

Durante el desarrollo *in vitro*, las fitohormonas son necesarias para estimular y controlar el crecimiento y desarrollo de los explantes involucrados, lo que conduce a una regeneración más eficaz de nuevas plantas de los tejidos vegetales. Su aplicación en los medios de cultivo es fundamental tanto para la propagación masiva de especies con interés agrícola, como para el logro de plantas sanas y homogéneas (Sabagh et al., 2022).

Las fitohormonas pueden dividirse en cinco grupos principales en función de sus acciones y efectos en la planta: auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico y el etileno. Las auxinas (como el AIA y el ANA) promueven el desarrollo de raíces y la diferenciación celular, las citoquininas (como la BA, KIN y ZEA) estimulan la proliferación de brotes y la división celular, las giberelinas regulan la elongación de los tallos y la germinación de semillas, el ácido abscísico participa en la respuesta al estrés y en la dormancia, y el etileno interviene en la maduración de frutos y la senescencia (Sabagh et al., 2022).

La clasificación se basa principalmente en su estructura química y sus efectos fisiológicos generales (Vaishnav & Chowdhury, 2023), siendo clasificadas como:

**Citoquininas (CKs):** La esencial función es promover la multiplicación de células en tejidos meristemáticos, estimulando la formación de brotes a partir de explantes cultivados en medios nutritivos las principales hormonas son la Zeatina, Kinetina y isopenteniladenina (iP).

**Giberelinas (GAs):** Las funciones principales son estimulan la elongación del tallo, germinación de semillas, floración (en algunas especies), desarrollo del fruto, movilización de reservas en las semillas, su principal hormona es la Ácido giberélico (GA3).

**Auxinas:** Las funciones principales son promover la elongación celular, dominancia apical, formación de raíces adventicias y laterales, desarrollo del fruto, fototropismo y gravitropismo, diferenciación vascular, la mayor hormona es el Ácido Indol Acético (AIA).

**Ácido Abscísico (ABA):** Su función principal es la de inhibir el crecimiento y provocar el cierre estomático en respuesta a estrés hídrico, favorecer la dormancia de semillas y yemas, así como inducir la síntesis de proteínas relacionadas con el estrés.

**Etileno:** La función principal es regula la maduración de frutos, abscisión de hojas y flores, respuestas al estrés (heridas, inundación), induce la diferenciación de las raíces en condiciones anaeróbicas (Agudelo-Morales et al., 2021; Sabagh et al., 2022; Vaishnav & Chowdhury, 2023).

➤ **Otras fitohormonas reconocidas**

Además de los cinco grupos clásicos, se han identificado y estudiado otras moléculas con actividad reguladora en las plantas:

- **Brasinoesteroides (BRs):** Promueven la elongación y división celular, desarrollo vascular, respuestas al estrés, desarrollo reproductivo.
- **Jasmonatos (JAs):** Conocidos por participación en defensa herbívoro-patógeno, desarrollo de anteras y polen, senescencia foliar. El ácido jasmónico y su derivado metil jasmonato son las formas más bioactivas.
- **Ácido Salicílico (SA):** Bien conocido en la defensa contra patógenos (resistencia sistémica adquirida). También está implicada en la termogénesis en algunas flores y respuesta a estrés abiótico.

- **Estrigolactonas (SLs):** Son inhibidores de la brotación, promueve la simbiosis con hongos micorrízicos arbusculares, tiene efectos en la arquitectura de la raíz y en la respuesta a nutrientes.
- **Poliaminas (PAs):** Están implicadas en varios procesos tales como la división celular, la morfogénesis, la respuesta a estrés y la senescencia.
- **Péptidos Señal:** Un grupo cada vez mayor de moléculas pequeñas que regulan numerosos procesos de desarrollo y defensa.
- **Oligosacarinas:** Fragmentos de la pared celular con actividad hormonal, implicados en la defensa y el desarrollo (Agudelo-Morales et al., 2021).

### 3.4.Citoquininas

Las citoquininas son una clase de fitohormonas esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Descubiertas inicialmente por su capacidad para promover la división celular en cultivos de tejidos vegetales, estas sustancias regulan numerosos procesos fisiológicos, incluyendo la morfogénesis, el retraso de la senescencia foliar, la germinación de semillas, y la formación de brotes (Aremu et al., 2020).

Las citoquininas actúan en estrecha interacción con otras hormonas vegetales como las auxinas, y su equilibrio relativo determina aspectos clave del desarrollo vegetal, como la dominancia apical y la formación de órganos. En la actualidad, su estudio sigue siendo fundamental tanto en la biotecnología vegetal como en la agricultura, debido a su potencial para mejorar la productividad y resistencia de los cultivos (Sosnowski et al., 2023).

Las citoquininas son fitohormonas necesarias para la división celular y regulación del crecimiento que participan en la inducción y proliferación de brotes en cultivos *in vitro*. Su función fundamental es la estimulación de la proliferación celular en tejidos meristemáticos y la inducción de yemas desde explantes de tejido vegetal en medios de cultivo (Pasternak & Steinmacher, 2024; Šmeringai et al., 2023).

En el desarrollo in vitro, la citoquinina aplicada permite multiplicar un material base, siendo la propagación eficiente, homogénea y rápida. Su efecto varía con la concentración y con la presencia de otras fitohormonas (ej. auxinas) que modulan el balance raíz-brote (Šmeringai et al., 2023).

De las citoquininas más comunes en la micropropagación de la papa (*S. tuberosum* L.), están la BA, la KIN y la ZEA. BA es una de las citoquininas más potentes para la inducción de brotes y también promueve la rápida multiplicación de los explantes en el laboratorio. La KIN si bien es menos activa que la BA, también favorece la formación de brotes, y como fitohormona se combina con otras para aumentar la respuesta morfogénica de los tejidos (Abdalla et al., 2022).

En cuanto a la ZEA, una citoquinina que favorece una mejor calidad de desarrollo de los brotes, está asociada a un aumento significativo en el vigor del crecimiento, logrando un crecimiento homogéneo. La citoquinina adecuada y su concentración óptima en el medio de cultivo, son factores cruciales para el éxito en la regeneración de plantas in vitro con una elevada tasa de proliferación y plántulas viables (Pasternak & Steinmacher, 2024; Pokimica et al., 2024).

### **3.4.1. Kinetina**

La kinetina es una fitohormona que pertenece al grupo de las citoquininas. Fue una de las primeras citoquininas descubiertas y aislada originalmente de esperma de arenque, es conocida por su capacidad de promover la división celular en las plantas, y se usa en agricultura y biotecnología para estimular el crecimiento y desarrollo (Garban & Ilia, 2024; Uniyal et al., 2022).

Kinetina es un miembro de la clase de 6-aminopurines que es adenina. Tiene un papel como un geroprotector que afectar los mecanismos fundamentales del envejecimiento de las plantas y otras citoquininas. Es un miembro de furanos y un miembro de 6-aminopurines, se utiliza a menudo en el cultivo de tejidos vegetales para inducir la formación del callo (en conjunto con la auxina) y la regeneración de los tejidos a partir de callos (con menor concentración) (PubChem, 2025a).

La kinetina tiene varios usos en la agricultura, la horticultura y la investigación científica una lista sus aplicaciones más comunes a continuación:

- Estimulación del crecimiento de plantas: La kinetina se aplica para la estimulación del crecimiento y desarrollo de las plantas y para inhibir la división celular y la generación de brotes laterales.
- Micropropagación de plantas: Se utiliza para la propagación rápida de plantas a partir de los tejidos vegetales, lo cual es útil en la producción masiva de plantas idénticas
- Retraso del envejecimiento de células vegetales: La kinetina ayuda a mantener la juventud y actividad células de plantas que luego pueden ayudar a extender la vida de las plantas.
- Regeneración de tejidos vegetales: Se utiliza para inducir la regeneración de tejido vegetal y el desarrollo de plantas a partir de cultivos de tejidos investigativos a nivel de laboratorio.
- Estudios de biología celular: La Kinetina se emplea como herramienta en biología celular y estudios de fisiología de vegetal.

Además, la cinetina (Kn) alivia el estrés salino mediante la modulación de los niveles hormonales, reducción del ácido abscísico (ABA), y aumento del ácido giberélico (AG) y del ácido salicílico (AS). Esta modulación mejora indicadores de crecimiento como el contenido de clorofila y el área foliar (Mughal et al., 2024).

Estos son algunos de los usos más destacados de la kinetina, que demuestran su importancia en la agricultura, la horticultura y la ciencia vegetal. Así la kinetina tiene efecto inductivo para mejorar microtuberización in vitro de papa aumenta el número de microtúbulos, debido a su efecto en la elongación celular y tuberización (Mohamed & Girgis, 2023).

### 3.4.2. 6-Bencilaminopurina

También conocida como 6-bencilaminopurina (6-BAP) o benzyla (BA), es una citoquinina sintética de primera generación. Las citoquininas son un grupo de fitohormonas que al igual que la kinetina, desempeñan un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Carnelos et al., 2022; Mehbub et al., 2022; Reddy et al., 2021).

N-benzyladenine es un miembro de la clase de 6-aminopurines que es la adenina en el cual uno de los átomos de hidrógeno del grupo amino es reemplazado por un grupo bencilo. Tiene un papel como un metabolito de la planta y una citoquinina. Se relaciona funcionalmente con una adenina que puede ser utilizado para extender la vida útil de las flores y las verduras cortadas (PubChem, 2025b).

6-Bencilaminopurina (BAP) es un tipo de citoquininas de amplio espectro de regulador del crecimiento vegetal, que estimula el crecimiento celular de la planta, inhibe la degradación de la clorofila vegetal, aumenta el contenido de aminoácidos, y retrasa la senescencia de las hojas (Lian et al., 2023; Vylíčilová et al., 2020).

El impacto de bencilaminopurina, es sobre la división celular, así como la asimilación de nutrientes, la fotosíntesis, repuestas al estrés y regulación de la senescencia. Sin embargo, el efecto de BPA es limitados en las primeras etapas de crecimiento debido a los equilibrios hormonales y no son óptimas para respuestas de crecimiento fuertes (Eissa et al., 2025).

6-bencilaminopurina (BAP) y Kin, que son ampliamente utilizados en muchas técnicas de cultivo de tejidos, se utiliza para la micropropagación de un gran número de especies de plantas, la utilización de BAP está asociada con varias desventajas, principalmente la inhibición de la raíz lateral, el crecimiento de la heterogeneidad, la problemática de la aclimatación de las plantas en el invernadero y disparar necrosis en el extremo de los brotes (Vylíčilová et al., 2020).

## IV MARCO METODOLÓGICO

### 4.1. Materiales

#### 4.1.1. Ubicación de la investigación

Esta investigación se realizó:

<b>País</b>	Ecuador
<b>Provincia</b>	Bolívar
<b>Cantón</b>	Guaranda
<b>Parroquia</b>	Gabriel Ignacio Veintimilla
<b>Sector</b>	Laboratorio de biotecnología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, en la granja Laguacoto II

#### 4.1.2. Situación geográfica y climática

Ubicación georreferencial del laboratorio de biotecnología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y de Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar.

<b>Altitud</b>	2668 msnm
<b>Latitud</b>	1° 36' 55" S
<b>Longitud</b>	78° 59' 53" O
<b>Temperatura media anual</b>	13.5 °C
<b>Temperatura máxima</b>	23°C
<b>Temperatura mínima</b>	2°C
<b>Precipitación media anual</b>	980 mm
<b>Heliofanía media anual</b>	900 h/I/año
<b>Humedad relativa media anual</b>	70%

Fuente: Coloma (2021).

#### **4.1.3. Zona de vida**

La localización en estudio de acuerdo a la clasificación de zonas de vida, corresponde al bosque seco montano bajo (bs-MB) (Holdridge,1979).

#### **4.1.4. Material experimental**

- Explantes de la variedad de papa INIAP-Natividad
- Fito hormona citoquinina (Kinetina- Bencilaminopurina)

#### **4.1.5. Material de laboratorio**

- Cabina de flujo laminar horizontal
- Refrigerador doméstico
- Autoclave
- Vidriería
- Balanza
- Horno microondas
- Agitador magnético
- Soluciones stock
- Medios de proliferación
- Frascos de cristal
- Estante
- Frascos
- Gorro y mandil
- Mascarilla
- Guantes
- Gafas
- Pinzas
- Bisturí
- Mechero Alcohol 70°
- Alcohol de 90°
- Gel desinfectante
- Jabón líquido
- Medio de proliferación

#### 4.1.6. Material de oficina

- Equipos de computador
- Impresora

#### 4.2. Métodos

##### 4.2.1. Factores en estudio

- Factor A: Citoquininas:
  - a1: Bencilaminopurina
  - a2: Kinetina
- Factor B: Dosis de citoquininas:
  - b1: 0.00 mg/l
  - b2: 2.00 mg/l
  - b3: 4.00 mg/l
  - b4: 6.00 mg/l

##### 4.2.2. Tratamientos

A continuación (Cuadro 1) se detalla la combinación de los Factores A x B del experimento.

**Cuadro N° 1** Combinación de los Factores A x B.

N° Tratamiento	Código	Descripción
T1	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	Bencilaminopurina dosis 0.00 mg/l
T2	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	Bencilaminopurina dosis 2.00 mg/l
T3	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	Bencilaminopurina dosis 4.00 mg/l
T4	a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>	Bencilaminopurina dosis 6.00 mg/l
T5	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	Kinetina dosis 0.00 mg/l
T6	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	Kinetina dosis 2.00 mg/l
T7	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	Kinetina dosis 4.00 mg/l
T8	a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>	Kinetina dosis 6.00 mg/l

#### **4.2.3. Tipo de diseño experimental**

Se utilizó un Diseño Completos al Azar en arreglo factorial de 2 x 4 y 4 repeticiones (DCA).

#### **4.2.4. Tipos de análisis**

- Análisis de varianza ADEVA.
- Prueba de Tukey al 5 % para los factores de estudio (A, B, AxB).

#### **4.2.5. Métodos de evaluación y datos evaluados**

##### **➤ Selección de variables**

##### **➤ Número de frascos contaminados**

El número de frascos contaminados se expresó en porcentaje, se evaluó por observación directa la presencia de agentes patógenos causados por hongos a los 30, 45 y 60 días tiempo transcurrido desde la siembra de los brotes. Considerando que un frasco de cristal está contaminado cuando en el medio de cultivo se observó la presencia de esporas blanquecinas o grises, las cuales con el transcurso del tiempo se diseminan formando una estructura algodonosa.

##### **➤ Número de brotes por explante**

Se realizó un conteo visual directo de los brotes desarrollados en cada explante después de los 30, 45 y 60 días de incubación, con el fin de evaluar la capacidad de inducción de brotes en función de las citoquininas y sus concentraciones.

##### **➤ Altura de brotes**

La altura de brotes se registró con la ayuda de una regla por la parte exterior del envase, desde la base del brote hasta su ápice a los 30, 45 y 60 días del subcultivo a sus respectivos medios de proliferación.

➤ **Taza de velocidad de multiplicación**

Expresa la relación entre el número de brotes obtenidos al final del ciclo de multiplicación sobre el tiempo de duración del ciclo. Este parámetro se analizó con la siguiente fórmula (Evans, 1972):

$$TVM = \frac{N^{\circ} \text{ de brotes}}{\text{Tiempo (días)}}$$

➤ **Porcentaje de viabilidad**

Se registró el número de explantes viables (aquellos que desarrollaron brotes sanos) en relación con el total de explantes sembrados en cada tratamiento.

➤ **Tasa de proliferación final**

Se calculó la relación entre el número final de brotes y el número inicial de explantes cultivados a fin de cuantificar la eficiencia de los tratamientos en la multiplicación in vitro.

#### 4.2.6. Manejo del experimento

➤ **Selección del material vegetal.** Los tubérculos fueron obtenidos, mediante una selección rigurosa que implicó elegir tubérculos sanos, libres de enfermedades y daños, posteriormente se realizó la desinfección con jabón líquido y agua destilada, luego fueron colocados en un lugar fresco para su brotación.

➤ **Preparación del experimento.** Todos los materiales utilizados para el experimento (incluidos frascos, tubos de ensayo, bisturíes, pinzas y demás herramientas) fueron esterilizados en el autoclave a 121°C durante 20 minutos.

El medio de cultivo utilizado fue el de MS (Murashige y Skoog, 1962), al cual se le agregó nutrientes, 30 g/l de azúcar y 10 g/l de agar para su gelificación. Además, este medio fue suplementado con los tratamientos de las citoquininas (BA y KIN) bajo las concentraciones establecidas en los tratamientos. El pH del medio fue ajustado entre 5.6 y 5.7 antes de su esterilización en el autoclave, y los frascos con el medio preparado fueron almacenados en refrigeración hasta su uso (Saradhi, 2025).

Para la preparación del medio de cultivo se realizó el siguiente procedimiento:

- Se colocó en un vaso de precipitación 1000 ml agua destilada en una tercera parte del volumen final a prepararse.
- A continuación, se procedió a pesar 30 g de sacarosa, 10 g de agar ambos en un estado sólido.
- La azúcar se añadió en el momento que se preparó la solución luego se introdujo en el microondas y se colocó el agar después de alcanzar 80 °C.
- Se añadió el stock #1 macronutrientes, stock #2 micronutrientes, stock #3 quelatos de hierro (Fe), Stock vitaminas y Stock reguladores de crecimiento (Citoquininas), previamente preparados en las dosis de 0 mg/l, 2 mg/l, 4 mg/l, y 6 mg/l para distribuir en cada medio de proliferación.
- Se procedió a la dispensación del medio de cultivo a los frascos de vidrio, 50cc aproximadamente en cada uno.
- Después de colocar el medio de cultivo en los frascos se esterilizaron en el autoclave a 121 °C durante 20 min. Seguidamente se sacaron los frascos del autoclave en una bandeja metálica y se dejaron enfriar durante 24h en el área de transferencia.
- **Selección de explantes.** Se realizó, priorizando aquellas que presentaron sanidad, vigor y un centímetro de tamaño aproximadamente. Una vez que fueron seleccionados los explantes, que consistieron en yemas apicales, fueron sometidos a una desinfección. Se lavaron con agua destilada más detergente líquido al 1% durante 30 minutos para luego proceder a la cámara de flujo laminar.
- **Desinfección de explantes.** Se realizó la desinfección con agua destilada esterilizada con una concentración de cloro, al 60% más seis gotas de tween 80, se lavaron dos veces durante 10 minutos en la cámara de flujo laminar seguido se procedió a tres enjuagues con agua destilada durante tres minutos por cada lavada.
- **Siembra de explantes.** Fue realizada en frascos estériles que contenían el medio de cultivo correspondiente a cada tratamiento. Cada explante fue colocado cuidadosamente bajo condiciones asépticas en una cámara de flujo laminar para

evitar la contaminación. Los frascos fueron etiquetados según el tratamiento (variedad, tipo de citoquinina y concentración) y la fecha de siembra. Luego de la desinfección superficial de los brotes se colocó en el medio de cultivo para su desarrollo, trasladándolos al área de incubación para estimular sus procesos metabólicos, iniciando el ciclo de cultivo in vitro.

➤ **Manejo de explantes.** Los frascos que contenían los explantes se mantuvieron en condiciones de temperatura controlada entre 20 y 25 °C, con un fotoperiodo de 16 horas de luz y ocho horas de oscuridad y una intensidad lumínica de 2,000 lux aproximadamente. El crecimiento se monitoreo periódicamente (cada 10 días) para determinar la viabilidad de los explantes, la formación de brotes y la contaminación, si se presentara.

Finalmente, todo material contaminante o descartado fue mediante procesamiento en autoclave tratado antes de ser eliminado, asegurando así la bioseguridad en el laboratorio y minimizando el impacto ambiental. Este manejo riguroso y estructurado permitió obtener resultados sólidos, minimizando las fuentes de error y maximizando la calidad de los datos recolectados.

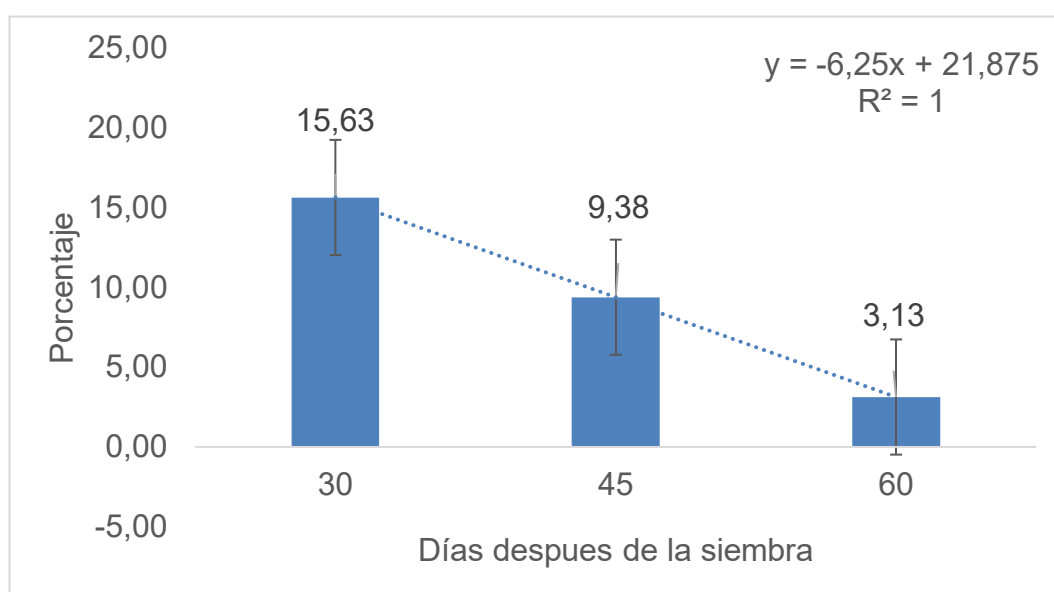
## V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Número de frascos contaminados

**Cuadro N° 2** Resultados promedios en la variable número de frascos contaminados.

Días después del establecimiento del cultivo in vitro	Número de frascos contaminados
	Porcentaje
<b>30</b>	15.63
<b>45</b>	9.38
<b>60</b>	3.13

**Gráfico N° 1** Promedios de la variable porcentaje de frascos contaminados en las evaluaciones realizadas.



#### ➤ **Análisis e interpretación**

En el Gráfico N° 1, respecto a los frascos contaminados a los 30 días después de la siembra del cultivo in vitro, se puede observar el 15.63 % de frascos contaminados, a los 45 días el 9.38% y 3.13% a los 60 días después del establecimiento del cultivo in vitro (Cuadro N° 2). La contaminación después del establecimiento del cultivo in vitro, mostro una relación con un comportamiento decreciente del número de frascos contaminados a lo largo del periodo de evaluación siendo menor al final del experimento después del establecimiento del cultivo in vitro, porque durante los primeros días de establecimiento del cultivo in vitro los patógenos en los frascos

con contaminación inician el proceso de colonización del medio de cultivo, los mismos que son eliminados con cada evaluación.

La contaminación bacteriana produce afectaciones cuantiosas siendo uno de los mayores problemas del cultivo de tejidos a escala comercial (Leifert & Cassells, 2001).

En evaluaciones efectuadas después de los 21 días de establecido el cultivo in vitro no observa contaminación visible o manifestaciones de clorosis, necrosis en las plantas brotadas (Alvarado-Capó et al., 2006).

## 5.2.Variable brote por explantes

### ➤ Análisis de varianza

**Cuadro N° 3** Análisis de varianza de la variable brote por explantes.

Fuente Variación	Cuadrados medios						
	Días después del establecimiento del cultivo in vitro						
	GI	30		45		60	
Citoquininas (FA)	1	0.178	ns	0.255	ns	0.213	ns
Dosis de citoquininas (FB)	3	0.066	ns	0.048	ns	0.052	*
Interacción (FA x FB)	3	0.075	ns	0.091	ns	0.080	ns
Error	46	0.051		0.075		0.046	
Total	63						
CV (%)		26.29		31.31		36.14	
ns = No existe significancia estadística *= Significancia estadística en el nivel 0,05 **= Significancia estadística en el nivel 0,0001							

### ➤ Análisis e interpretación

En el Cuadro N° 3 se muestra el análisis de varianza respecto al número de brotes por explante, en la evaluación de explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad INIAP-Natividad mediante propagación in vitro utilizando dos citoquininas en diferentes dosis, a los 30, 45 y 60 días después del establecimiento del cultivo in vitro.

Para el efecto de las citoquininas no se encontró significancia estadística afirmando que no tuvieron un efecto diferente en ninguna de las evaluaciones realizadas. En

cuanto a las dosis existe significancia estadística a los 60 días después del establecimiento del cultivo in vitro, según el efecto del experimento realizado. La interacción de las citoquininas por las dosis no muestra significancia estadística afirmando que no tuvieron un efecto diferente en ninguna de las evaluaciones realizadas

Los coeficientes de variación de las evaluaciones fueron de 26.29%, 31.31 y 36.14%, respectivamente para cada fecha de evaluación, los mismos que son aceptables ya que se elevan debido a la naturaleza de la variable evaluada y del experimento (Cuadro N° 3).

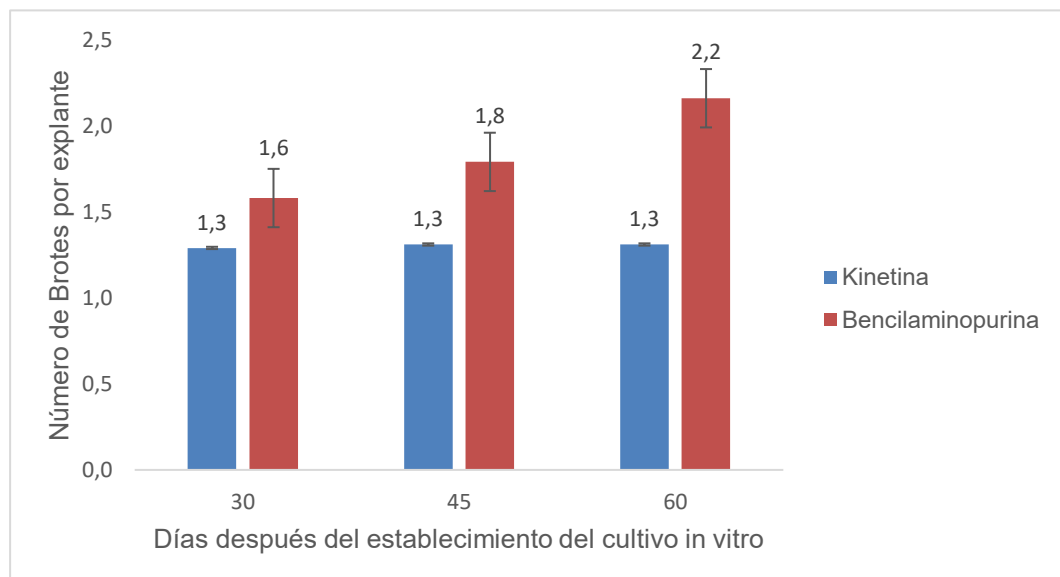
### Factor A (Citoquininas)

**Cuadro N° 4** Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A (Citoquininas) en la variable número de brotes por explante.

Citoquininas	Número de brotes por explante		
	Días después del establecimiento del cultivo in vitro		
	30	45	60
Kinetina	1.29 a <sup>1</sup>	1.31 a	1.31 b
Bencilaminopurina	1.58 a	1.79 a	2.16 a

<sup>1</sup> Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Gráfico N° 2** Promedios del factor A de la variable número de brotes por explante.



➤ **Análisis e interpretación**

En el Cuadro N° 4, se presentan los promedios de número de brotes por explante en la evaluación de explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad INIAP-Natividad mediante propagación in vitro utilizando dos citoquininas en diferentes dosis. En las evaluaciones realizadas del número de brotes por explante se encontró diferencia estadística entre las citoquininas a los 60 días después del establecimiento del cultivo in vitro, la Bencilaminopurina alcanzó los promedios más altos con 2.16 brotes por explantes mostrando mayor capacidad de inducción de brotes, siendo estadísticamente diferente de la Kinetina la cual alcanzo un promedio de 1.31 brotes por explante (Gráfico N° 2).

La Bencilaminopurina presentó mayor capacidad de inducción de brotes, concordando con los resultados encontrados por Ventocilla (2024).

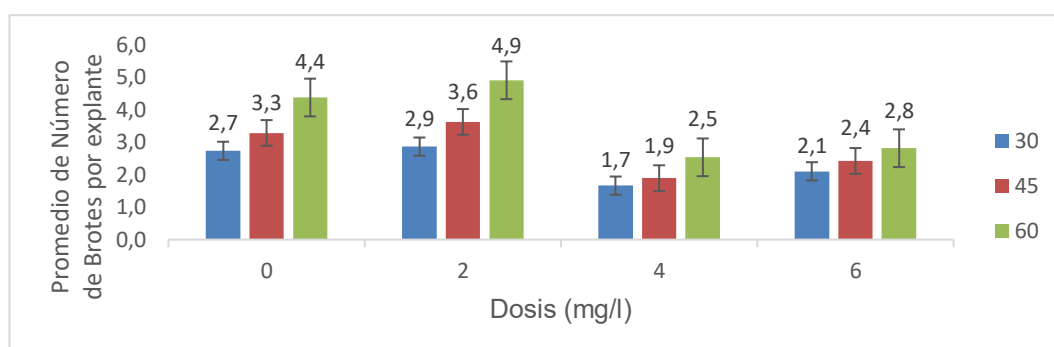
**Factor B (Dosis citoquininas)**

**Cuadro N° 5** Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor B (Dosis de citoquininas) en la variable número de brotes por explante.

Dosis de citoquininas (mg/l)	Número de brotes por explante		
	Días después del establecimiento del cultivo in vitro		
	30	45	60
2.00	2.86 a <sup>1</sup>	3.62 a	4.90 a
4.00	1.66 c	1.89 c	2.53 c
6.00	2.10 bc	2.42 bc	2.81 bc
0.00	2.73 ab	3.28 ab	4.37 ab

<sup>1</sup>/ Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Gráfico N° 3** Promedios del factor B de la variable número de brotes por explante.



➤ **Análisis e interpretación**

En cuanto a las dosis en las evaluaciones a los 30, 45 y 60 días después del establecimiento del cultivo in vitro (Cuadro N° 5), los promedios más altos en todas las evaluaciones mencionadas fueron presentada por la dosis más baja con 2 mg/l alcanzando promedios de 2.86, 3.62 y 4.90 brotes por explante respectivamente, similar a la dosis de control y difiriendo de las demás dosis las que presentaron promedios inferiores explante (Gráfico N° 3).

La dosis más baja con 2 mg/l alcanzando promedios con el mayor número de brotes por explante, resultados que siguen la tendencia mencionada por Abdulqadir et al. (2023), González y Chavarría (2016) y Ventocilla (2024), quienes encontró los mejores resultados usando dosis bajas de Benciaminopurina 0.5 ppm y Kinetina 0.5-1.0 ppm en papa Bicentenaria.

**5.3.Variable altura de brotes**

➤ **Análisis de varianza**

**Cuadro N° 6** Análisis de varianza de la altura de brotes.

Fuente Variación	Cuadrados medios							
	Días después del establecimiento del cultivo in vitro							
	GI	30		45		60		
Citoquininas (FA)	1	0,829	ns	1.179	ns	0.160	ns	
Dosis de citoquininas (FB)	3	4,026	**	6.829	**	0.826	**	
Interacción (FA x FB)	3	0,215	ns	0.325	ns	0.061	ns	
Error	46	0,482		0.782		0.139		
Total	63							
CV (%)		29.66		31.05		18.53		
ns = No existe significancia estadística								
* = Significancia estadística en el nivel 0,05								
** = Significancia estadística en el nivel 0,0001								

➤ **Análisis e interpretación**

En el Cuadro N° 6 muestra el análisis de varianza respecto a la altura de brotes en la evaluación de explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad INIAP-Natividad mediante propagación in vitro utilizando dos citoquininas en diferentes dosis, a los 30, 45 y 60 días después del establecimiento del cultivo in vitro.

Encontrando significancia estadística en el nivel 0,0001 en el efecto de las dosis en las evaluaciones realizadas, en cuanto a las citoquininas, así como a la interacción de las citoquininas y dosis no se encontró significancia estadística en cada de las evaluaciones realizadas del efecto de los tratamientos, siendo los coeficientes de variación más estables en la evolución final con valor de 18.53%.

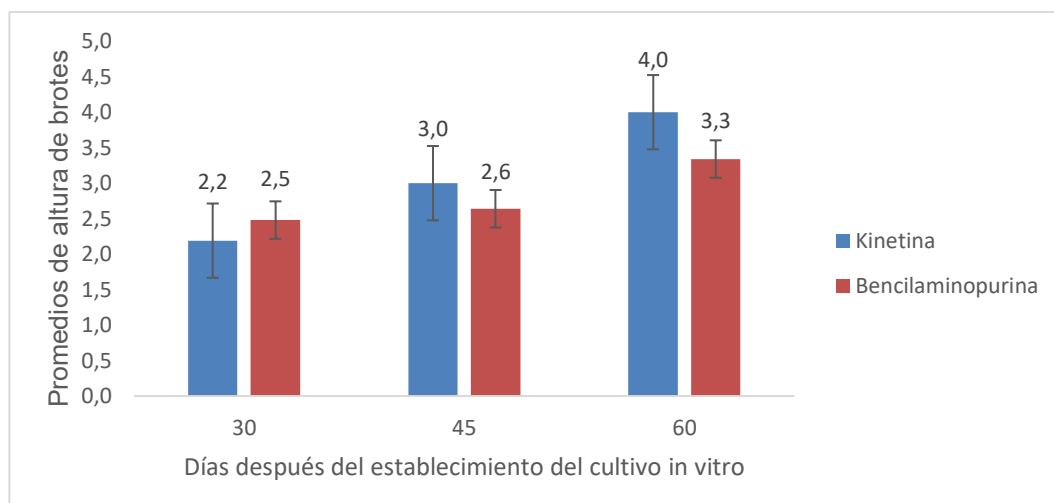
### Factor A (Citoquininas)

**Cuadro N° 7** Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A (Citoquininas) en la variable altura de brotes.

Citoquininas	Altura de brotes (cm)		
	Días después del establecimiento del cultivo in vitro		
	30	45	60
Kinetina	2.19 a <sup>1</sup>	3.00 a	4.00 a
Bencilaminopurina	2.48 a	2.64 a	3.34 a

<sup>1</sup>/ Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Gráfico N° 4** Promedios del factor A de la variable altura de brotes (cm).



### ➤ Análisis e interpretación

En la altura de brotes (Cuadro N° 7), no se encontró diferencia entre las citoquininas, sin embargo, los promedios más altos se encontraron con la Kinetina a los 45 y 60 días después del establecimiento del cultivo in vitro (Gráfico N° 4), esto se puede deber al efecto de crecimiento mediante la elongación celular y

tuberización diferente de la Bencilaminopurina que es más eficiente en la formación de brotes.

En la altura de brote, la Kinetina muestra los promedios más altos, se hipotetiza que es debido a que además de estimular la formación de brotes a su efecto en la elongación celular y tuberización (Abdalla et al., 2022; Mohamed & Girgis, 2023).

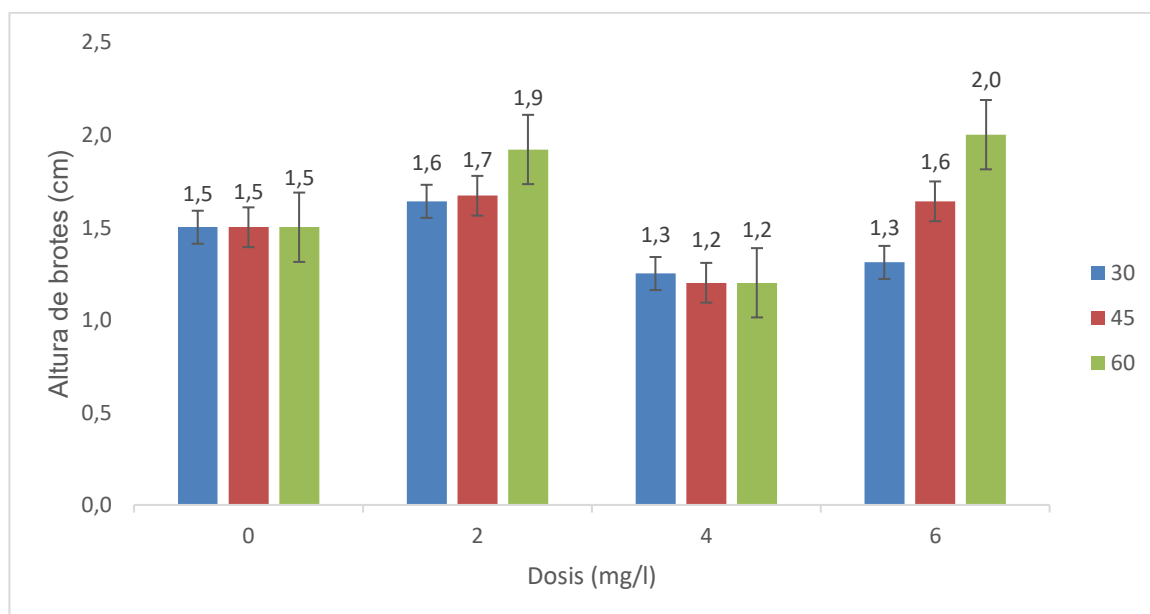
➤ **Factor B (Dosis citoquininas)**

**Cuadro N° 8** Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor B (Dosis de citoquininas) en la variable altura de brotes.

Dosis de citoquininas (mg/l)	Altura de brotes (cm)		
	Días después del establecimiento del cultivo in vitro		
	30	45	60
2.00	1.64 a	1.67 a	1.92 a
4.00	1.25 a	1.20 a	1.20 a
6.00	1.31 a	1.64 a	2.00 a
0.00	1.50 a	1.50 a	1.50 a

<sup>1/</sup> Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Gráfico N° 5** Promedios del factor B de la variable altura de brotes (cm).



➤ **Análisis e interpretación**

Las dosis en relación a la altura de brotes no mostraron promedios que muestren una diferencia significativa entre los valores encontrados (Cuadro N° 8), siendo así

la dosis de 2 mg/l muestra el mayor impacto de los tratamientos en la elongación de los brotes (Gráfico N° 5).

La dosis de 2 mg/l muestra el mayor impacto de los tratamientos en la elongación de los brotes, resultados que indican que la dosis más bajas e más eficiente (Abdulqadir et al., 2023), concordando con la investigación realizada por Villací (2023) y Ventocilla (2024), quienes mencionan que las mejores dosis para la altura de brote en papa Bicentenario y Superchola respectivamente, fueron las dosis entre Bencilaminopurina 0,5 a 1,0 ppm y Kinetina 1,0 a 1,5 ppm.

#### 5.4.Variable tasa de velocidad de multiplicación

##### ➤ Análisis de varianza

**Cuadro N° 9** Análisis de varianza de la variable tasa de velocidad de multiplicación.

Fuente Variación	Cuadrados medios						
	Días después del establecimiento del cultivo in vitro						
	GI	30		45		60	
Citoquininas (FA)	1	0.0005	ns	0.0008	*	0.0011	*
Dosis de citoquininas (FB)	3	0.0003	ns	0.0001	ns	0.0002	ns
Interacción (FA x FB)	3	0.0003	ns	0.0002	ns	0.0003	ns
Error	46	0.0002		0.0002		0.0002	
Total	63						
CV (%)		1.80		1.69		1.91	
ns = No existe significancia estadística							
* = Significancia estadística en el nivel 0,05							
** = Significancia estadística en el nivel 0,0001							

##### ➤ Análisis e interpretación

El Análisis de varianza realizado a los 30, 45 y 60 días después del establecimiento del cultivo in vitro (Cuadro N° 9), para la tasa de velocidad de multiplicación, en la evaluación de explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad INIAP-Natividad mediante propagación in vitro utilizando dos citoquininas en diferentes dosis, muestra diferencia estadística para las citoquininas, en el nivel 0,05 en las evaluaciones de los 45 y 60 días después del establecimiento del cultivo in vitro, porque a estos días de transcurridos el experimento se observó el efecto de los

tratamientos, en cuanto a las dosis e interacción de los dos factores antes mencionados no existe diferencia estadística según el análisis de varianza.

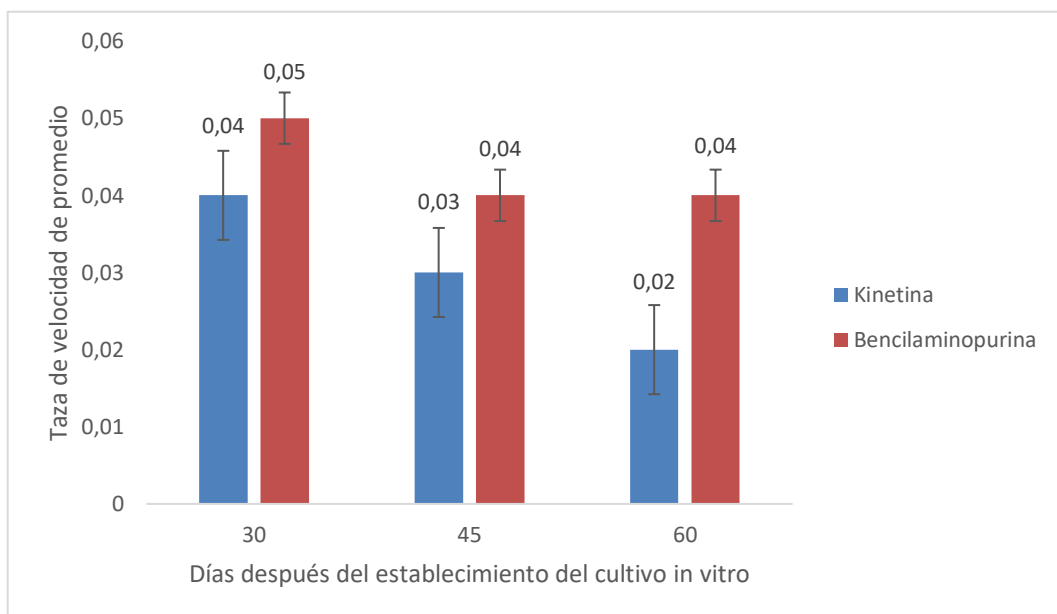
### Factor A (Citoquininas)

**Cuadro N° 10** Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A (Citoquininas) en la variable tasa de velocidad de multiplicación.

Citoquininas	Taza de velocidad de multiplicación		
	Días después del establecimiento del cultivo in vitro		
	30	45	60
Kinetina	0.04 a	0.03 b	0.02 b
Bencilaminopurina	0.05 a	0.04 a	0.04 a

<sup>1/</sup> Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Gráfico N° 6** Promedios del factor A de la variable tasa de velocidad de multiplicación.



#### ➤ Análisis e interpretación

La tasa de velocidad de multiplicación presentada en el Cuadro N° 10. En la evaluación realizada a los 30 días después del establecimiento del cultivo in vitro, no mostro diferencia estadística significativa. A los 45 y 60 días, los valores más altos encontrados fue con la citoquinina Bencilaminopurina con un promedio de 0.04 en ambas evaluaciones siendo esta citoquinina la que mostro mayor relación

entre el número de brotes obtenidos al final del ciclo de multiplicación sobre el tiempo de duración del cultivo in vitro, estadísticamente diferente de la Kinetina que presentó valores menores (Gráfico N° 6).

La aplicación de Bencilaminopurina al medio de cultivo en baja concentraciones ayuda a incrementar la formación de mayor número de brotes en cada sub cultivo, por lo que se puede concluir que la Bencilaminopurina es más eficiente en la propagación in vitro de la papa en dosis bajas (Villacís, 2023; Ventocilla, 2024).

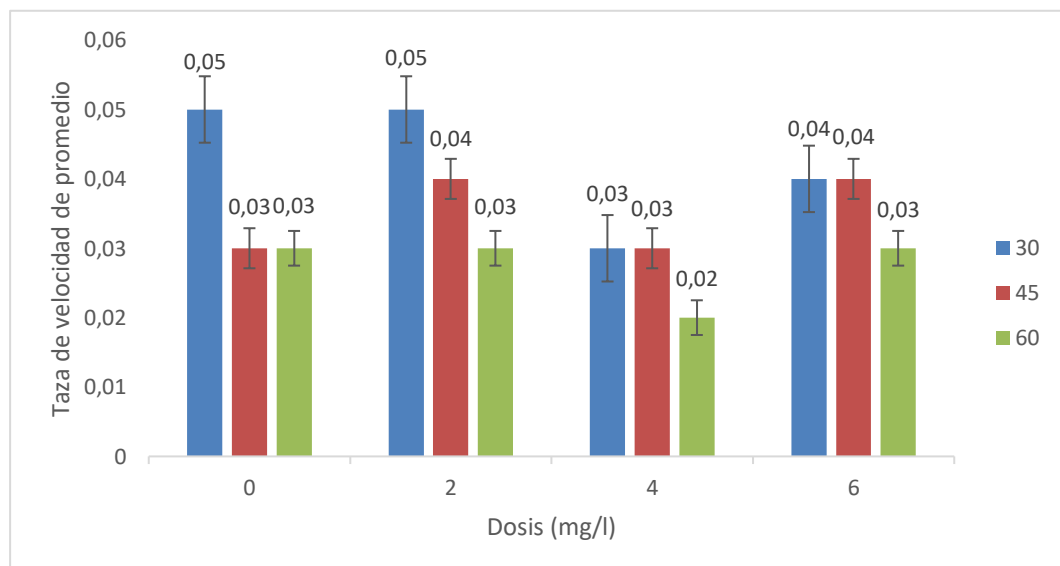
➤ **Factor B (Dosis citoquininas)**

**Cuadro N° 11** Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor B (Dosis de citoquininas) en la variable tasa de velocidad de multiplicación.

Dosis de citoquininas (mg/l)	Taza de velocidad de multiplicación		
	Días después del establecimiento del cultivo in vitro		
	30	45	60
2.00	0.05 a	0.04 a	0.03 a
4.00	0.03 a	0.03 a	0.02 a
6.00	0.04 a	0.04 a	0.03 a
0.00	0.05 a	0.03 a	0.03 a

<sup>1/</sup> Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Gráfico N° 7** Promedios del factor B de la variable tasa de velocidad de multiplicación.



➤ **Análisis e interpretación**

En cuanto a las dosis (Cuadro N° 11) según la prueba de Tukey realizada no se encontró diferencias estadísticas la tasa de velocidad de multiplicación (Gráfico N° 7).

En el medio de cultivo en bajas concentraciones la aplicación de Bencilaminopurina ayuda a incrementar la formación de mayor número de brotes en cada sub cultivo, sin embargo, si la concentración de citoquininas se eleva inicialmente, se presenta una tendencia a disminuir el número de brotes.

Así mismo una baja dosis de Bencilaminopurina permite incrementar la altura de planta de papa Bicentenaria, ya que por el contrario al aumentar la concentración de Bencilaminopurina se manifiesta una tendencia a la disminución del tamaño de planta (Villacís, 2023; Ventocilla, 2024).

**5.5.Variable tasa de proliferación final**

➤ **Análisis de varianza**

**Cuadro N° 12** Análisis de varianza de la variable tasa de proliferación final.

Fuente Variación	Cuadrados medios		
	Gl	Taza de proliferación final	
Citoquininas (FA)	1	0.164	*
Dosis de citoquininas (FB)	3	0.784	ns
Interacción (FA x FB)	3	0.087	ns
Error	46	0.144	
Total	63		
CV (%)		26.29	
ns = No existe significancia estadística *= Significancia estadística en el nivel 0,05 **= Significancia estadística en el nivel 0,0001			

➤ **Análisis e interpretación**

Para la tasa de proliferación final, en la evaluación de explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad INIAP-Natividad mediante propagación in vitro utilizando dos citoquininas en diferentes dosis, según los cuadrados medios encontrados (Cuadro N° 12), se encontró significancia estadística para el efecto de las

citoquininas, no siendo de la misma manera para el factor dosis y la interacción de los dos factores estudiados.

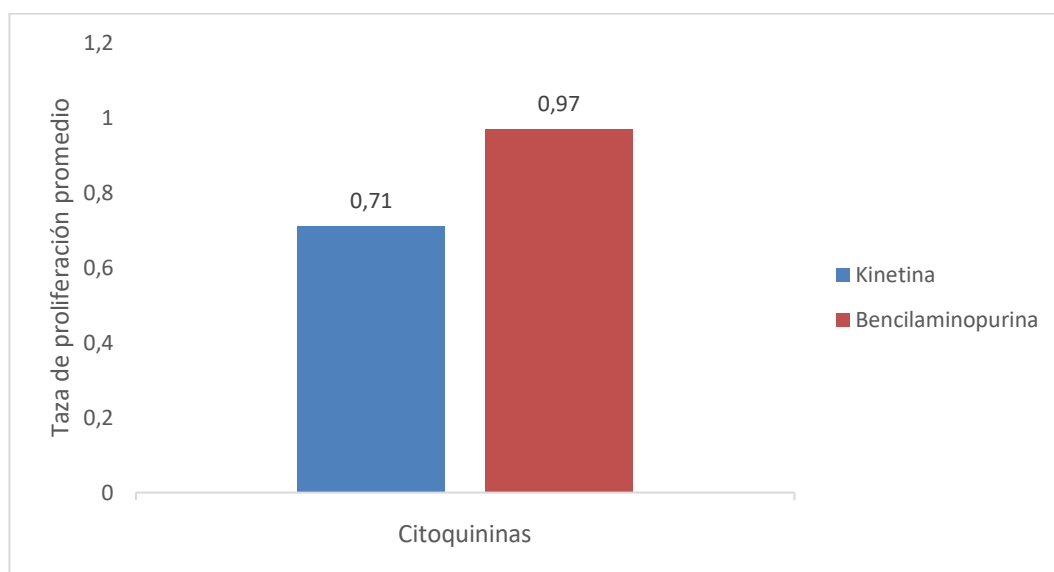
➤ **Factor A (Citoquininas)**

**Cuadro N° 13** Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A (Citoquininas) en la variable tasa de proliferación final.

Citoquininas	Tasa de proliferación final
Kinetina	0.71 b
Bencilaminopurina	0.97 a

<sup>1/</sup> Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Gráfico N° 8** Promedios del factor A de la variable tasa de proliferación final.



➤ **Análisis e interpretación**

Para la tasa de proliferación final (Cuadro N° 13) en cuanto a la mejor citoquinina se encontró que la Bencilaminopurina mostro la mayor eficiencia de los tratamientos en la multiplicación in vitro, con un valor de promedio de 0.97, diferente estadísticamente de la Kinetina que alcanzó un valor promedio de 0.71 (Gráfico N° 8).

Entre las citoquininas en la micropropagación de la papa (*S. tuberosum* L.), la Bencilaminopurina se destacan por ser una de las citoquininas más efectivas para

la inducción de brotes, favoreciendo la multiplicación rápida de los explantes en el laboratorio. La Kinetina, aunque menos activa que la Bencilaminopurina, también estimula la formación de brotes debido a su efecto en la elongación celular y tuberización, es utilizada en combinación con otras fitohormonas para mejorar la respuesta morfogénica de los cultivos (Abdalla et al., 2022; Mohamed & Girgis, 2023)

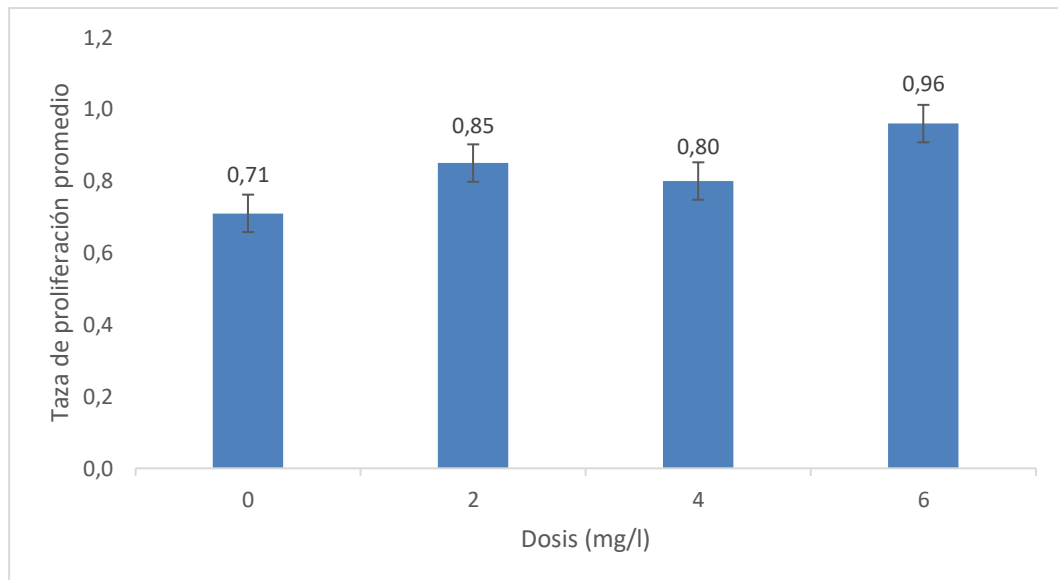
➤ **Factor B (Dosis citoquininas)**

**Cuadro N° 14** Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor B (Dosis de citoquininas) en la variable tasa de proliferación final.

Dosis de citoquininas (mg/l)	Tasa de proliferación final
2.00	0.85 a
4.00	0.80 a
6.00	0.96 a
0.00	0.71 a

<sup>1/</sup> Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Gráfico N° 9** Promedios del factor B de la variable tasa de proliferación final.



➤ **Análisis e interpretación**

El efecto de las dosis para la tasa de proliferación final no mostró diferencias según la prueba de Tukey realizada (Cuadro N° 14), siendo el mayor valor para la dosis de 6 mg/l (Gráfico N° 9).

Se debe considerar la dosis como uno de los factores importantes para las diferencias establecer las diferencias de eficiencia de la Bencilaminopurina y la Kinetina en la micropropagación de la papa (*S. tuberosum* L.) (Abdalla et al., 2022; Mohamed & Girgis, 2023).

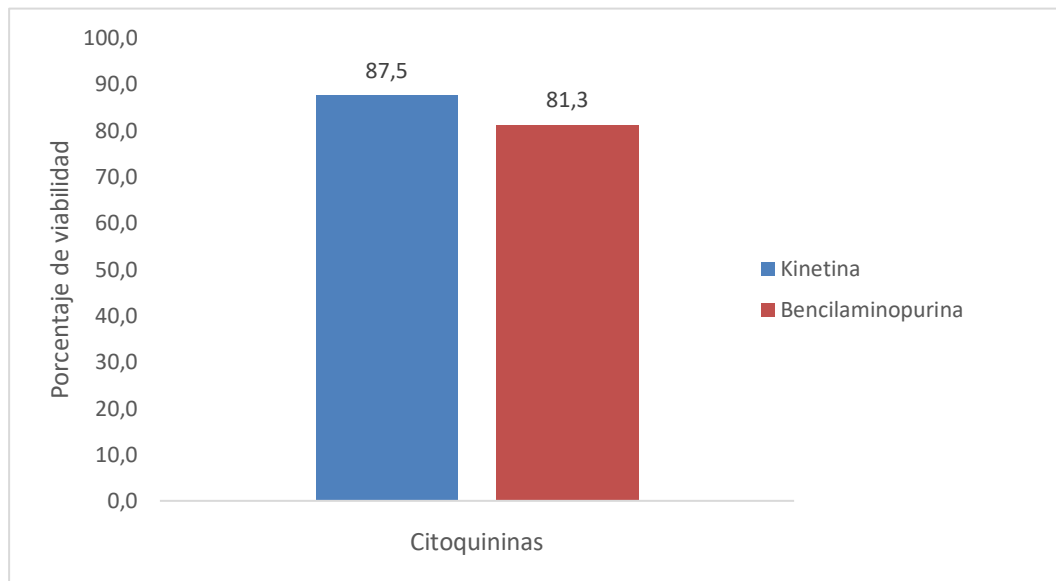
**5.6.Variable porcentaje de viabilidad**

➤ **Factor A (Citoquininas)**

**Cuadro N° 15** Resultados promedios para comparar los promedios del factor A (Citoquininas) en el porcentaje de viabilidad.

Citoquininas	Porcentaje de viabilidad
6-Bencilaminopurina	81.25
Kinetina	87.50

**Gráfico N° 10** Promedios del factor A de la variable porcentaje de viabilidad.



➤ **Análisis e interpretación**

El porcentaje de viabilidad promedio encontrado para las citoquininas (Cuadro N° 15), fue mayor para las Kinetina con el 87.50%, frente a 81.25% de la Bencilaminopurina (Gráfico N° 10).

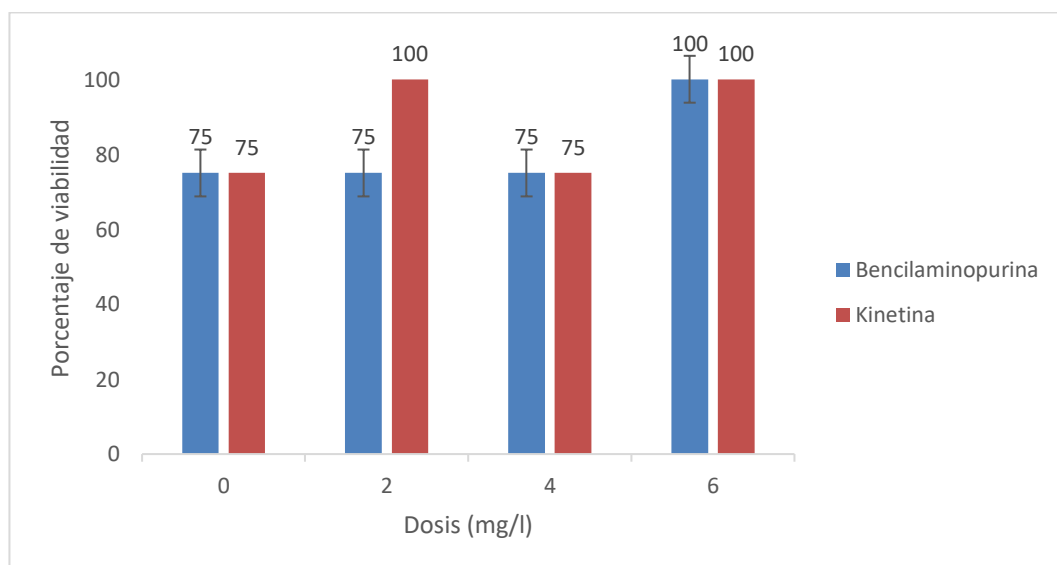
El efecto de la Bencilaminopurina sobre los parámetros evaluados es más fuerte en comparación de la Kinetina, lo que permite en varios de los casos retrasar o conservar el cultivo in vitro por periodos más largos, sin embargo el dosis altas puede retrasar la emisión de brotes o inviabilizando los mismos (López et al., 2020; Ortiz, 2015; Rosario, 2019).

➤ **Factor B (Dosis citoquininas)**

**Cuadro N° 16** Resultados promedios para comparar los promedios del factor B (Dosis de citoquininas) en la variable porcentaje de viabilidad.

Dosis de citoquininas (mg/l)	Porcentaje de viabilidad		
	Citoquininas		Promedio
	6-Bencilaminopurina	Kinetina	
2.00	75.00	100.00	87.5
4.00	75.00	75.00	75.00
6.00	100.00	100.00	100.00
0.00	75.00	75.00	75.00

**Gráfico N° 11** Promedios del factor B de la variable porcentaje de viabilidad.



### ➤ **Análisis e interpretación**

Para las dosis (Cuadro N° 16) se puede observar que con 6 ml/l se alcanzó del 100% de viabilidad de los explantes valor superior a las demás dosis que presentaron valores entre 75% y 84.5% (Gráfico N° 11), esto se puede deber hipotéticamente a procesos que afecta el metabolismo de la planta como el geroprotector reduciendo el estrés de vegetal.

El efecto de la Bencilaminopurina sobre los parámetros evaluados es más fuerte en comparación de la Kinetina, esto se debe posiblemente a que la concentración de Kinetina es inversamente proporcional al desarrollo de raíces, en cuanto la Bencilaminopurina no permite emitir ninguna raíz (Rosario, 2019).

El no haber una diferencia marcada en la altura de plantas es posiblemente debido a que activa la función de brotación, sin embargo el desarrollo es lento lo que permite mantener a las hojas y tallos joven respecto a los tratamientos sin hormonas, eso es exclusivamente debido a las activación de las citoquininas, en este caso porque existe un desequilibrio de las hormonas de la planta tal cual en el medio de cultivo donde se aplicó los tratamientos de las citoquininas utilizadas en este experimento, siendo posible una de las alternativas para retrasar o conservar el cultivo in vitro por periodos más largos (López et al., 2020; Ortiz, 2015; Rosario, 2019).

## **VI COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS**

Una vez procesados los datos y analizados mediante el análisis de varianza y la prueba estadística, con base a sus resultados, no se encontró establecida una interacción significativa entre las citoquininas y las dosis, siendo que los efectos simples de las citoquininas y dosis, mediante las variables número de brotes por explante; altura de brotes; así como la tasa de velocidad de multiplicación permiten aceptar la hipótesis nula, la misma que plantea: Las diferentes dosis de citoquininas inciden en la propagación in vitro de explantes de la variedad de papa INIAP-Natividad, rechazando la hipótesis alterna la cual planteaba: Las diferentes dosis de citoquininas no inciden en la propagación in vitro de explantes de la variedad de papa INIAP-Natividad.

## **VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1.Conclusiones**

Los resultados de esta investigación no permiten llegar a las siguientes conclusiones:

- La citoquinina que favoreció la propagación in vitro de explantes de papa fue la Bencilaminopurina.
- La kinetina presenta mayor viabilidad en los explantes de papa.
- La dosis de 2 ml/l favorece la proliferación de brotes por explantes de papa y la mayor tasa de multiplicación.

## 7.2.Recomendaciones

- Ajustar los protocolos de desinfección para reducir la contaminación de los cultivos in vitro.
- Usar la Bencilaminopurina en la dosis de 2 ml/l, para la propagación in vitro de explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad INIAP-Natividad, ya que estos factores obtuvieron los mejores resultados principalmente con la tasa de velocidad de multiplicación, número de brotes por explante.
- Continuar haciendo este tipo de estudios implicando dosis, otra variedad de papa como la super chola ya que contiene pigmentos derivados de la antocianina dándoles su color de piel rosada.

## BIBLIOGRAFÍA

Abdalla, N., El-Ramady, H., Seliem, M. K., El-Mahrouk, M. E., Taha, N., Bayoumi, Y., Shalaby, T. A., & Dobránszki, J. (2022). An academic and technical overview on plant micropropagation challenges. *Horticulture*, 8(8), 677. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080677>

Abdulqadir, M. A. H., Taha, Z. S., & Rafail, S. T. (2023). Response of different potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars to various concentrations of Ba (benzyladenine) and kinetin under in vitro conditions. *The Journal of University of Duhok*, 26(1), 207–215. <https://doi.org/10.26682/ajuod.2023.26.1.22>

Agudelo-Morales, C. E., Lerma, T. A., Martínez, J. M., Palencia, M., & Combatt, E. M. (2021). Phytohormones and plant growth regulators - a review. *Journal of science with technological applications*, 10, 27–65. <https://doi.org/10.34294/j.jsta.21.10.66>

Ahmed, M. E. A. E. (2022). In vitro propagation for conservation and genetic fidelity of the near threatened *Dimocarpus longan* plant. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 20(1), 130. <https://doi.org/10.1186/s43141-022-00406-4>

Alvarado-Capó, Y., González, N. P., Acosta-Suárez, M., Cruz-Martín, M., & Pérez, B. (2006). Empleo de sulfato de gentamicina para el control de *Pantoea agglomerans*, contaminante de la multiplicación in vitro de *Solanum tuberosum* L cv. Desirée. *Biotecnología Vegetal*, 6(4). <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/rt/printFriendly/422/716>

Araque, Barrera Eyda Johanna *et al.* Propagación y tuberización in vitro de dos variedades de papa. *scieloco*, 2018. Disponible em: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-74882018000100021](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-74882018000100021).

- Aremu, A. O., Fawole, O. A., Makunga, N. P., Masondo, N. A., Moyo, M., Buthelezi, N. M. D., Amoo, S. O., Spíchal, L., & Doležal, K. (2020). Applications of cytokinins in horticultural fruit crops: trends and future prospects. *Biomolecules*, 10(9), 1222. <https://doi.org/10.3390/biom10091222>
- Ayala, J. I., & Alencastro, C. V. (2023). Huella hídrica en la producción de papa variedad Super Chola (*Solanum tuberosum* L.) provincia de Carchi (pp.55– 57). *Memorias del X- CEP*. [https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/6125/1/4.2 Memoria X-CEP 2023 %28versión digital%29.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/6125/1/4.2%20Memoria%20X-CEP%202023%20versi%20n%20digital%29.pdf)
- Condori, V, B. N. S. (2025). Desplazamiento de la papa nativa (*Solanum tuberosum*) por la introducción de variedades mejoradas, en el distrito de Lchuña, Provincia General Sanchez Cerro de la Región Moquegua, 2024. Universidad José Carlos Mariátegui. <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/4051>
- Bajguz, A., & Piotrowska-Niczyporuk, A. (2023). Biosynthetic pathways of hormones in plants. *Metabolites*, 13(8), 884 <https://doi.org/10.3390/metabo13080884>
- Basilio, G. J. S., & Robles, G. G. W. (2025). Comparativo de tres métodos de propagación para la obtención de plantines de papa mejorada variedad pollera (*Solanum tuberosum*) en condiciones de invernadero del distrito de Paucartambo–Pasco.
- Betancourth, G. C. A., Salazar, G. C. E., Sañudo, S. B. A., Flórez, C. C. A., & Salomón, S. C. A. (2023). Las posibilidades competitivas de la papa para la producción a pequeña escala en Nariño (p. 117). Universidad de Nariño.
- Betancur, B. N. A., Tabares, G. D., Montoya, P. N. de J., & Garzón, G. J. M. (2024). Producción de semilla élite de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Diacol Capiro en sistema aeropónico. *Acta Agronómica*, 72(3). <https://doi.org/10.15446/acag.v72n3.106382>
- Carnelos, D., Lozano-Miglioli, J., Giardina, E., Tognetti, J., & Benedetto, A. H. di. (2022). Cytokinin action revisited: leaf anatomical changes play a key role in 6-

benzylaminopurine-driven growth promotion in pot-grown lettuce. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 27(2), 109– 133 <https://doi.org/10.5154/r.chsh.2021.07.015>

Castillo, A. (2024) Propagación de plantas por cultivo (p. 8). <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/410/1/111219220807102417.pdf>

Castro, C. I. R. (2023). Modelo productivo de papa (*Solanum tuberosum* subsp. **andigena**) variedad pastusa superior, integrando la conservación in situ de papas nativas (*Solanum phureja*) en Sumapaz (Localidad 20 del D.C.), Colombia [Universidad de La Salle]. <https://ciencia.lasalle.edu.co/items/33d6b7df-f3ae-437c-85f5-f17116abddcb>

Cobos, M. F., Hasang, M. E., Medina, L. R., & Orellana, H. E. (2022). El cultivo de papa, recursos genéticos y retos para el futuro. *Journal of Science and Research*, 7, 18. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.7724758>

Colnago, P., Arana, R., Vilaró, F., Lado, B., Rodríguez, G., & Arcos, M. G. (2023). Alternativas para la multiplicación de semilla de papa de alta calidad. *Revista INIA*, 75, 6. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/17458/1/Revista-INIA-75-dic-2023-15.pdf>

Cortes, W. (2022). Respuesta de papa “*Solanum tuberosum*” variedad Parda Pastusa en rendimiento y calidad a la aplicación de Ácido Glutámico. 1–62.

Cuesta, X., Monteros, C., Racines, M., & Rivadeneira, J. (2022). Catálogo de variedades de papa (Issue 427, p. 28). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

Cuesta-Subia, X., Monteros-Jácome, J., Racines-Jaramillo, M., & Rivadeneira-Ruales, J. (2020). INIAP-Fátima nueva variedad de papa precoz. *Revista Latinoamericana de La Papa*, 25(2), 3–16. <https://doi.org/10.37066/ralap.v24i2.404>

Devaux, A., Ordinola, M., Suarez, V., & Hareau, G. (2024). Situación actual y perspectivas del procesamiento de papa en la zona andina, implicancias

para el mejoramiento genético y la selección de variedades. <https://doi.org/https://orcid.org/0000-0002-2340-197X>

Eissa, Rafat A., Muziri Mugwanya, Fahad Kimera, and Hani Sewilam. 2025. "Effects of Benzylaminopurine and Gibberellic Acid on Growth, Yield, and Nutrient Composition of Greenhouse Cultivated Yellow Cherry Tomatoes." *Scientific Reports* 15(1):39556. doi: 10.1038/s41598-025-27667-6.

Evans, G. C. 1972. *The quantitative analysis of plant growth*. Blackwell, Oxford.

Flores, R. S. R. (2024). Evaluación de recomendaciones técnicas de almacenes agrícolas para el control de paratrypanos (*Bactericera cockerelli* Sulc.) en papa en Guano y Riobamba, Provincia de Chimborazo.

Garban, Z., & Ilia, G. (2024). Structure-Activity of plant growth bioregulators and their effects on mammals. *Molecules*, 29(23), 5671. <https://doi.org/10.3390/molecules29235671>

González, C. D. A. A., & Chavarría, R. M. A. (2016). Microtuberización del cultivar de papa (*Solanum tuberosum* L.) Banba en Biorreactores Económicos de Inmersión Temporal. Universidad Nacional Agraria.

Guillén, Z. A. (2022). Fertilización con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en la producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Canchan INIA Chuquibambilla-Grau.

Herrera, G. K. X., & Lozano, M. G. F. (2022). Respuesta agronómica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad chaucha a la aplicación de ácidos húmicos.

Herrera-Isidron, L., Valencia-Lozano, E., Rosiles-Loeza, P. Y., Robles-Hernández, M. G., Napsuciale-Heredia, A., & Cabrera-Ponce, J. L. (2021). Gene expression analysis of microtubers of potato *Solanum tuberosum* L. induced in cytokinin containing medium and osmotic stress. *Plants*, 10(5), 876. <https://doi.org/10.3390/plants10050876>

INEC. (2024). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2024. In Ecuador en cifras.

INIAP. (2022). Manual de producción de tubérculo semilla de papa (p. 90). INIAP. [http://repositorio.iniap.gob.ec:8080/bitstream/41000/6124/1/3.2.Manual Producción Tuberculo Semilla Papa.pdf](http://repositorio.iniap.gob.ec:8080/bitstream/41000/6124/1/3.2.Manual%20Producci3n%20Tuberculo%20Semilla%20Papa.pdf)

James, F. M. (2022). Efecto de tres elicitores sobre cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones in vitro y en campo. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Juares, M. R. (2024). Comparativo de rendimiento y caracterización morfológica de seis clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* sub especie andigena) en la comunidad Mitmac, provincia de Calca-región Cusco.

Leifert, C., & Cassells, A. C. (2001). Microbial hazards in plant tissue and cell cultures. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 37(2), 133–138. <https://doi.org/10.1007/s11627-001-0025-y>

Lian, X., Liu, S., Sikandar, A., Kang, Z., Feng, Y., Jiang, L., & Wang, Y. (2023). The influence of 6-Benzylaminopurine (BAP) on yield responses and photosynthetic physiological indices of soybean. *Kuwait Journal of Science*, 50(3), 345–352. <https://doi.org/10.1016/j.kjs.2022.12.002>

López, L. J. A. (2023). Determinación de la dosis óptima de fertilización edáfica en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) var. superchola en la estación experimental Tunshi. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/21357>

López Medina, S. E., Mostacero León, J., Gil Rivero, A. E., López Zavaleta, A., De La Cruz Castillo, A. J., & Villena Zapata, L. (2020). Concentraciones de 6-Bencilaminopurina en la propagación in vitro de *Solanum tuberosum* var. **Cochacina**, en sistemas líquidos estacionario y en agitación. *Manglar: Revista de Investigación Científica*, ISSN-e 2414-1046, ISSN 1816-7667, Vol. 17, No. 4, 2020 (Ejemplar Dedicado a: Octubre-Diciembre), Págs. 337-340, 17(4), 337–340. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8104195&info=resumen&idioma=SPA>

López, L. A. M. (2022). Estudio de situación del cultivo de la papa en la isla de Tenerife [Universidad de la Laguna]. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/30000>

MAG, (Ministerio de agricultura y ganadería, & SIPA, (Sistema de información pública agropecuaria). (2022). Ficha del Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.).

Márquez-Vasallo, Y., Salomón-Díaz, J. L., & Acosta-Roca, R. (2020). Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). In Cultivos Tropicales (Vol. 41). scielo.

Martínez, A. C., & Ojeda, F. N. (2023). Morfología de la planta de papa (*Solanum tuberosum* L.). <https://www.portalfruticola.com/noticias/2023/03/02/morfologia-de-la-planta-de-papa-solanum-tuberosum-l/>

Mehbub, H., Akter, A., Akter, M. A., Mandal, M. S. H., Hoque, M. A., Tuleja, M., & Mehraj, H. (2022). Tissue culture in ornamentals: cultivation factors, propagation techniques, and its application. *Plants*, 11(23), 3208. <https://doi.org/10.3390/plants11233208>

Mohamed, A. E.-S., & Girgis, N. D. (2023). Factors affecting in vitro tuberization of potato. *Bulletin of the National Research Centre*, 47(1), 80. <https://doi.org/10.1186/s42269-023-01056-3>

Molina, C. Y. (2023). Comparativo de rendimiento y comportamiento fenológico de diez clones promisorios segregantes de la variedad qompis (*Solanum tuberosum* **sub especie andigena**) bajo condiciones del Centro Agronómico K'ayra.

Moya, L. J. M. (2024). Evaluación de tres técnicas de almacenamiento con dos variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum*) en la comunidad el Galpón, cantón Salcedo 2023- 2024. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/12484>

Mughal, Nishbah, Noman Shoaib, Jianhua Chen, Yang Li, Yuhong He, Man Fu, Xingyun Li, Yuanyuan He, Jinya Guo, Juncai Deng, Wenyu Yang, and Jiang Liu. 2024. “Adaptive roles of cytokinins in enhancing plant resilience and yield against

environmental stressors.” Chemosphere 364:143189. doi: 10.1016/j.chemosphere.2024.143189.

Ortiz, S. F. (2015). El cultivo in vitro de papa (*Solanum Tuberosum*) con diferentes proporciones de auxina / citocinina [Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2015/octubre/0736151/0736151.pdf>

Pasternak, T. P., & Steinmacher, D. (2024). Plant Growth Regulation in Cell and Tissue Culture In Vitro. *Plants*, 13(2), 327. <https://doi.org/10.3390/plants13020327>

Peñañiel, C. J. P. (2024). Daño y control de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella*, Zeller en el cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L. [Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/17122>

Poaquiza, M. S. A. (2024). Evaluación de enraizantes en esquejes de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*), Clon 11-9-91, INIAP-CIP-Libertad en la Estación Experimental Santa Catalina INIAP-2024. Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).

Pokimica, N., Ćosić, T., Uzelac, B., Ninković, S., & Raspor, M. (2024). Dissecting the roles of the cytokinin signaling network: the case of de novo shoot apical meristem formation. *Biomolecules*, 14(3), 381. <https://doi.org/10.3390/biom14030381>

PubChem. (2025a). Kinetin. compound summary. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3830>

PubChem. (2025b). N6- Benzyladenine. compound summary. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/62389>

Reddy, J., N., Shaju, A., Jose, A., & Betty, A. (2021). Plant growth regulators used for in vitro micropropagation of orchids: a research review. *International Journal of Biological Research*, 8, 8.

Rosario, R. (2019). Efecto de las diferentes dosis de citoquininas en la multiplicación in vitro en dos variedades de papas amargas *Solanum sp.*

<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4082>

Sabagh, E. A., Islam, M. S., Hossain, A., Iqbal, M. A., Mubeen, M., Waleed, M., Reginato, M., Battaglia, M., Ahmed, S., Rehman, A., Arif, M., Athar, H.-U.-R., Ratnasekera, D., Danish, S., Raza, M. A., Rajendran, K., Mushtaq, M., Skalicky, M., Brestic, M., Abdelhamid, M. T. (2022). Phytohormones as Growth Regulators During Abiotic Stress Tolerance in Plants. *Frontiers in Agronomy*, 4. <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.765068>

Sampaio, S. L., Petropoulos, S. A., Alexopoulos, A., Heleno, S. A., Santos-Buelga, C., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.015>

Sanchez, M. L. M. (2023). Efecto del número de brotes por golpe de plantas en el rendimiento de tubérculos de papa del cultivar Única, Concepción–Junín 2022.

Saradhi, A. V. P. (2025). MS media (Murashige – Skoog) composition and preparation. *MS Media (Murashige - Skoog)*. <https://sharebiology.com/ms-media-murashige-skoog-composition-and-preparation/>

Sawicka, B., Umachandran, K., & Pszczółkowski, P. (2021). Innovative potato production technology and its influence on quality of tubers. *International Conference on Emerging Technology and Interdisciplinary Sciences*, 174–195.

Šmeringai, J., Schrupfová, P. P., & Pernisová, M. (2023). Cytokinins – regulators of de novo shoot organogenesis. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1239133>

Sosnowski, J., Truba, M., & Vasileva, V. (2023). The impact of auxin and cytokinin on the growth and development of selected crops. *Agriculture*, 13(3), 724. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030724>

Toro de la Cruz, F., Gutiérrez Mora, A., & Plaza Ávila, A. P. (2021). Manual de prácticas de laboratorio para la micropropagación de plantas (Vol. 1). [www.ciatej.mx](http://www.ciatej.mx)

Uniyal, S., Bhandari, M., Singh, P., Singh, R. K., & Tiwari, S. P. (2022). Cytokinin biosynthesis in cyanobacteria: Insights for crop improvement. *Frontiers in Genetics*, 13. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.933226>

Vaishnav, D., & Chowdhury, P. (2023). Types and function of phytohormone and their role in stress. in plant abiotic stress responses and tolerance mechanisms. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.109325>

Vásquez, E. I. P. (2025). Caracterización agro-socioeconómica de productores del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de San Juan Ostuncalco, Departamento de Quetzaltenango. San Marcos.

Ventocilla, S. M. K. (2024). Efecto de los reguladores de crecimiento en la multiplicación in vitro de papa (*Solanum tuberosum* Var. **Bicentenaria**).

Villacís, P. I. A (2023). Influencia de fitohormonas en la regeneración in vitro de *Solanum tuberosum* L. vía organogénesis directa.

Villavicencio, A., Park, C. H., Cho, K., Bae, R., Peñaherrera, D., Narváez, G., López, V., Camacho, J., Suquillo, J., Yumisaca, F., Asaquibay, C., Nieto, M., Ortega, D., Quimbiamba, V., Torres, C., Naranjo, E., Cuenca, S., & Alvarez, R. (2022). Sustainable Potato Production in the Mountain Area of Ecuador, an Approach to Increase Productivity with Small Scale Farmers. *Agricultural Sciences*, 13(10), 1080– 1090. <https://doi.org/10.4236/as.2022.1310066>

Vylčílová, H., Bryksová, M., Matušková, V., Doležal, K., Plíhalová, L., & Strnad, M. (2020). Naturally Occurring and Artificial N9-Cytokinin Conjugates: From Synthesis to Biological Activity and Back. *Biomolecules*, 10(6), 832. <https://doi.org/10.3390/biom10060832>

Zhinin, M. F. A. (2024). Determinación del índice de calidad de suelo a dos altitudes en dos sistemas de labranza para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*

L.) en Tunshi [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].  
<https://dspace.esoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/99a8ff2e-bf79-420d-b1a7-206a8af51f86/content>

# ANEXOS

**Anexo 1 Mapa de la localización donde se realizó la investigación.**



Fuente: Fotografía aérea extraída de Google Maps

**Laboratorio Sector Laguacoto III UEB**



Fuente: Fotografía aérea extraída de Google Maps

**Anexo 2. Esquema del experimento.**

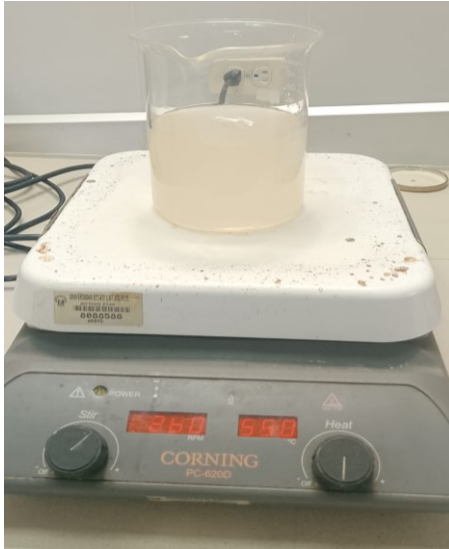
<b>T3</b> a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	<b>T1</b> a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	<b>T8</b> a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>	<b>T4</b> a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>
<b>T5</b> a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	<b>T3</b> a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	<b>T5</b> a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	<b>T7</b> a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>
<b>T2</b> a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	<b>T4</b> a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>	<b>T4</b> a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>	<b>T8</b> a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>
<b>T8</b> a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>	<b>T6</b> a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	<b>T2</b> a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	<b>T3</b> a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>
<b>T1</b> a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	<b>T2</b> a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	<b>T7</b> a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	<b>T6</b> a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>
<b>T4</b> a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>	<b>T5</b> a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	<b>T1</b> a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	<b>T2</b> a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>
<b>T7</b> a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	<b>T8</b> a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>	<b>T3</b> a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	<b>T1</b> a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>
<b>T6</b> a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	<b>T7</b> a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	<b>T6</b> a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	<b>T5</b> a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>

**Anexo 3: Base de datos.**

Factor A: Citoquinas	Factor B: Dosis de Citoquinas	Repeticiones	Número de frascos contaminados			Número de brotes por explante			Altura de brotes			Taza de velocidad de multiplicación			Porcentaje de viabilidad			Tasa de	Porcentaje
			30	45	60	Evaluación días después del establecimiento del cultivo in vitro	30	45	60	Evaluación días después del establecimiento del cultivo in vitro	30	45	60	Evaluación días después del establecimiento del cultivo in vitro	30	45	60		
a1	B1	R1	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	3.00	2.40	2.50	3.00	1.00	1.00	1.00	0.07	0.04	0.05	1.00	75.00
a1	B1	R1	0.00	0.00	0.00	3.00	4.00	6.00	2.90	3.60	4.70	1.00	1.00	1.00	0.10	0.09	0.10	3.00	-
a1	B1	R2	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a1	B1	R2	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a1	B1	R3	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00	3.10	3.20	3.40	1.00	1.00	1.00	0.10	0.07	0.05	0.00	-
a1	B1	R3	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	3.60	3.70	3.90	1.00	1.00	1.00	0.03	0.02	0.02	0.00	-
a1	B1	R4	0.00	1.00	1.00	2.00	-	-	3.00	-	-	1.00	-	-	0.07	-	-	-	-
a1	B1	R4	0.00	1.00	1.00	2.00	-	-	2.00	-	-	1.00	-	-	0.07	-	-	-	-
a2	B1	R1	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	2.20	2.30	2.60	1.00	1.00	1.00	0.03	0.02	0.02	0.00	100.00
a2	B1	R1	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.70	2.00	2.50	1.00	1.00	1.00	0.03	0.02	0.02	0.00	-
a2	B1	R2	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	4.40	4.50	4.90	1.00	1.00	1.00	0.03	0.02	0.02	0.00	-
a2	B1	R2	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	3.90	4.40	5.20	1.00	1.00	1.00	0.07	0.04	0.03	0.00	-
a2	B1	R3	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	3.40	5.00	8.00	1.00	1.00	1.00	0.03	0.02	0.02	0.00	-
a2	B1	R3	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4.20	6.80	1.00	1.00	1.00	0.03	0.02	0.02	0.00	-
a2	B1	R4	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	3.20	6.00	11.60	1.00	1.00	1.00	0.03	0.02	0.02	0.00	-
a2	B1	R4	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	1.30	2.00	2.30	1.00	1.00	1.00	0.07	0.04	0.03	0.00	-

**Nota:** los casilleros con guion (-) significan que estos fueron retirados del experimento en el registro del número de frascos contaminados.

**Anexo 4: Fotografías de la fase de campo.**



Fotos 1 y 2: Preparación de medio de cultivo



Foto 3: Corrección del pH.



Foto 4: Preparación de tratamientos



Foto 5: Siembra de explantes



Foto 6: Registro de datos



Foto 7: Visita de campo.



Foto 8: Visita de campo.

## **Anexo 5. Glosario de términos técnicos.**

**Ácido giberélico:** Fitohormona que promueve la elongación celular, germinación de semillas, floración y el desarrollo de los frutos, mejorando el vigor y rendimiento del cultivo.

**Ácido Salicílico:** Fitohormona señalizadora a nivel celular, crucial para la defensa contra patógenos y estrés ambiental en plantas.

**Adenine:** Es una de la base nitrogenada fundamental en el ADN y ARN, que es representada en el código genético por la letra "A", generalmente se une a la timina (T) del ADN y al uracilo (U) en el ARN.

**Agar:** Agente gelificante polisacárido usado en los medios de cultivo, debido a su capacidad para formar geles muy resistentes y estables con los que se implementan cultivos in vitro.

**Autoclave:** Recipiente metálico de paredes gruesas con un cierre hermético que permite realizar en su interior una reacción industrial debido a su resistencia a alta presión o una esterilización con vapor de agua a temperaturas superiores a los 100 °C.

**Auxinas:** Hormonas que regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas, importantes para la actividad meristemática, la inhibición de la dominancia apical, el desarrollo vascular, entre otras funciones.

**Brasinosteroides:** Son esteroides esenciales en los vegetales que regulan el crecimiento, desarrollo de las plantas y son cruciales para la reproducción, actuando como bioestimulantes mejorando la tolerancia a estrés en los cultivos.

**Cámara de flujo laminar:** Es un equipamiento de laboratorio que emplea un filtro HEPA o ULPA que mediante ventiladores que forza el aire por los filtros proporcionar aire libre de contaminantes y partículas de hasta 0.1 micras a la zona de trabajo dentro de la misma.

**Citoquininas:** Grupo de fitohormonas que interviene en la regulación de la división celular y crecimiento en plantas, en los cultivos in vitro se encarga de estimular la proliferación de brotes.

**Contaminación in vitro:** Se entiende a la contaminación de patógenos, como hongos o bacterias que afectan los cultivos in vitro.

**Cultivo células:** Es una técnica de la biotecnológica que se usa para aislar y multiplicar células, tejidos u órganos de plantas en condiciones in vitro, aprovechando la capacidad de totipotencialidad (regenerar una planta completa) para obtener plantas idénticas, desarrollar variedades, estudiar procesos biológicos entre otros productos o fines.

**Cultivo de callos:** Se trata de una técnica biotecnológica en que, con ayuda de hormonas, como las auxinas y las citoquininas, producimos en un explante tejido vegetal una masa de células indiferenciadas (callo) en un medio nutritivo artificial empleando hormonas.

**Cultivo de tejidos:** En biotecnología vegetal es un método fundamental para multiplicar plantas, producir variedades, clones, entre varios, a través del cultivo de células, tejidos u órganos vegetales in vitro, sin enfermedades que afecten su desarrollo.

**Dormancia:** Es la ralentización o estado de reposo del crecimiento y metabolismo de un organismo para sobrevivir a condiciones ambientales desfavorables como frío, falta de luz o sequía.

**Elongación celular:** Se conoce al proceso irreversible de aumento de tamaño de una célula, siendo crucial para el crecimiento de plantas, implica la expansión de la pared celular además de la entrada de agua de la misma y está regulado por hormonas como la auxina y factores citoesqueléticos.

**Esterilización:** Destrucción de todas las formas de vida microscópicas, incluidos virus y esporas mediante métodos o protocolos para este fin.

**Estrigolactonas:** Son fitohormonas que regulan el desarrollo, respuesta al estrés e interacción con el suelo de las plantas, funcionan como señalizadores para la germinación de plantas parásitas, simbiosis con micorrizas, participan en el control del crecimiento de brotes y raíces para una mejor absorción de recursos.

**Exógenas:** Esta definición toma en cuenta a los factores, sustancias o estímulos que son de origen externo, tales como la luz, temperatura, agua, nutrientes, pesticidas, e incluso patógenos, los cuales afectan a su crecimiento y desarrollo.

**Explante:** Porción del tejido vegetal obtenida de una planta madre sin los órganos vegetativos o reproductivos para su cultivo in vitro de propagación o para la investigación en condiciones experimentales.

**Fitoregulador:** Producto regulatorio del crecimiento de plantas, generalmente son hormonas vegetales (fitohormonas), y sus principales actividades son promover o detener el crecimiento de las raíces y los órganos aéreos.

**Fototropismo:** Respuesta del crecimiento direccional de plantas frente a la luz que les permite crecer hacia esta, siendo la hormona auxina la principal hormona dentro de este proceso, ya que es la responsable de que esta se concentre en el lado contrario a la luz, causando mayor alargamiento celular, lo que provoca que el tallo se curve hacia la luz.

**Geroprotector:** Son aquellos compuestos que poseen la capacidad de influenciar en los mecanismos básicos del envejecimiento de las plantas, disminuyendo el estrés vegetal, o influir en mecanismos moleculares tales como el daño oxidativo o la senescencia celular.

**Giberelinas:** Son hormonas que estimulan el crecimiento principalmente vía división y alargamiento celular, siendo protagónicas en este último; regulan al proceso de germinación y en cucurbitáceas favorecen el desarrollo de las flores masculinas. También intervienen en procesos de inhibición de senescencia e inhibición floral y radical. En términos prácticos promueven el alargamiento de entrenudos, aumentan el tamaño de frutos, inducen partenocarpia en algunas especies frutales y retrasan maduración, entre otras cosas.

**Gravitropismo:** Respuesta de la gravedad de crecimiento de las plantas es crucial para su supervivencia ante la gravedad, las raíces crecen hacia abajo, anclándose y buscando agua y los tallos crecen hacia arriba a la luz para la fotosíntesis.

**Isopenteniladenina:** Es una citoquinina para la división celular y el crecimiento, precursor importante para otras citoquininas como la zeatina, es crucial en la

diferenciación celular, desarrollo de yemas y el retraso de la senescencia, aunque puede degradarse rápidamente.

**Jasmonatos:** Son hormonas vegetales las cuales actúan como reguladores del crecimiento y la defensa, se activa en respuestas al estrés y regular procesos como la floración, fertilidad, germinación de semillas, para redirigir energía a la producción de defensas generalmente ralentiza el crecimiento de la planta.

**Medio de cultivo:** Es una mezcla de que contiene macronutrientes, micronutrientes, vitaminas, hormonas, agentes solidificantes y tampones para el crecimiento y desarrollo de explantes.

**Microtuberización:** La micropropagación es una técnica biotecnológica que facilita la producción de microtubérculos de tejidos vegetales en condiciones de laboratorio, principalmente en cultivos como la papa.

**Oligosacarinas:** Son fragmentos de polisacáridos de la pared celular vegetal que actúan como señalizadores, regulando el crecimiento, desarrollo, defensas contra plagas y estrés.

**Péptidos señal:** Son moléculas de cadenas cortas de aminoácidos que actúan como mensajeras guiando a las proteínas a sus destinos en la célula y coordinan respuestas vitales como el desarrollo, adaptación al estrés y la mejora de las plantas.

**Plantas in vitro:** Son las plantas que se cultivan dentro de un frasco de vidrio en un laboratorio por medio de una técnica biotecnológica que permite el desarrollo de plantas enteras nuevas genéticamente idénticas a la planta madre.

**Poliaminas:** Compuestos nitrogenados encontrados en las plantas pueden mencionar la putrescina, espermidina y espermina, son cruciales para el crecimiento como reguladores del desarrollo y respuesta al estrés, además funcionan como bioestimulantes, protectores del ADN y mitigando el estrés oxidativo.

**Proliferación in vitro:** Proceso mediante el cual los explantes generan nuevos brotes bajo condiciones controladas influenciado por la composición del medio de cultivo y la concentración de reguladores de crecimiento.

**Reactivos:** Toda sustancia que interactúa con otra en una reacción química y que da lugar a otras sustancias de propiedades, características y conformación distinta, denominadas productos de reacción o simplemente productos.

**Senescencia:** Es la fase terminal del desarrollo celular o de los órganos de la planta en la que interviene un proceso programado de envejecimiento y muerte celular que facilita a la planta el reciclado de nutrientes y se manifiesta mediante la caída y el color de hoja otoñal.

**Tejidos vegetales:** En los tejidos vegetales superiores las células se agrupan para construir tejidos que desempeñan diversas funciones. Estos pueden dividirse en tejidos meristemáticos, que ayudan al crecimiento de la semilla a la longitud y grosor de la planta, y en tejidos adultos o definitivos.

**Zeatina:** Es una citoquinina, hormona vegetal natural fundamental para la división celular y el desarrollo de la planta, incentiva el desarrollo de brotes, la floración y el envejecimiento (senescencia).