



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

Efecto de los reguladores de crecimiento en la multiplicación *in vitro* de papa  
(*Solanum tuberosum* Var. Bicentenario)

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

Autora

Mayra Kelly Ventocilla Sanchez

Asesor

Dr. Sergio Eduardo Contreras Liza

Huacho – Perú

2024



**Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales** <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Reconocimiento:** Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciente lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**  
**LICENCIADA**

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

**Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y  
Ambiental**

**Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica**

**INFORMACIÓN**

<b>DATOS DEL AUTOR:</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>FECHA DE SUSTENTACIÓN</b>
Mayra Kelly Ventocilla Sanchez	76576458	23-04-2024
<b>DATOS DEL ASESOR:</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>CÓDIGO ORCID</b>
Sergio Eduardo Contreras Liza	08787108	0000-0002-6895-4332
<b>DATOS DE LOS MIEMBROS DEL JURADO – PREGRADO:</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>CÓDIGO ORCID</b>
Dionisio Belisario Luis Olivas	15651224	0000-0002-5367-5285
Roberto Hugo Tirado Malaver	44565193	0000-0002-4615-5310
Cristina Karina Andrade Alvarado	40231658	0000-0003-2681-7863

# Efecto de los reguladores de crecimiento en la multiplicación in vitro de papa (*Solanum tuberosum* Var. Bicentenaria)

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

11%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

1%

★ Submitted to Pontificia Universidad Católica del Ecuador - PUCE

Trabajo del estudiante

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Apagado

## Dedicatoria

A Dios, por guiarme a lo largo de mi vida, por ser mi fuerza en mis momentos más difíciles y débiles.

A mis padres, Wuenceslao y Maritza, por ser ellos, los promotores principales de mis anhelos, por confiar y siempre creer en mí persona, por aconsejarme, inculcarme valores y principios con mucho amor.

A mis hermanos Jeimy, Fernando y Rodrigo por su amor y cariño incondicional en este largo proceso.

A mi familia, por los consejos y su apoyo moral en mi día a día.

## Agradecimiento

En especial agradezco al Centro Internacional de Investigación para la Sustentabilidad (CIIS) de la Universidad Nacional de Cañete (UNDC) por brindarme los laboratorios de su prestigiosa institución para poder concluir mi tesis.

A mi asesor el Dr. Sergio Contreras Liza, por su paciencia y tiempo en el desarrollo de mi tesis.

A mi co asesor el Ing. Julio Olivera Soto investigador de la UNDC por brindarme sus conocimientos y enseñanzas en mi tesis.

A mis compañeros del Laboratorio de Cultivo in vitro de Tejidos Vegetales de la UNDC y al Laboratorio de Biotecnología de la Producción Vegetal de la UNJFSC, con los cuales compartí momentos de aprendizaje y entretenimiento. Agradecer por el apoyo brindado como compañeros y como futuros colegas.

A mis compañeros de trabajo, Jefes de Área: el Sr. Daniel Flores Contreras y el Sr. Luis Luyo Ayllon de la empresa Sociedad Agrícola Yolanda Patricia S.A.C. Por su total respaldo y apoyo incondicional en la realización de esta investigación.

## Índice

Dedicatoria.....	I
Agradecimiento .....	II
Índice .....	III
Índice de tablas .....	VI
Índice de figuras .....	VII
Resumen .....	VIII
Abstract.....	IX
Capítulo I. Planteamiento del problema .....	1
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	1
1.2 Formulación del problema.....	2
<b>1.2.1 Problema general.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.2 Problema específicos.....</b>	<b>2</b>
1.3 Objetivos de la investigación.....	2
<b>1.3.1 Objetivo general.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>2</b>
1.4 Justificación de la investigación .....	3
1.5 Delimitación del estudio .....	3
Capítulo II. Marco teórico .....	4
2.1 Antecedentes de la investigación.....	4
<b>2.1.1 Investigaciones internacionales .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.2 Investigaciones nacionales .....</b>	<b>5</b>
2.2 Bases teóricas .....	7
<b>2.2.1 Reseña histórica de la papa.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.2 Cultivo de la papa .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.3 Descripción botánica de la especie .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.4 Fenología de la papa .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.5 Clasificación taxonómica de la papa .....</b>	<b>9</b>

2.2.6 Cultivo in vitro de tejidos vegetales .....	10
2.2.7 Etapas de la micropropagación.....	10
2.2.7.1 Etapa 0: Selección del material vegetal o planta donadora .....	10
2.2.7.2 Etapa 1: Establecimiento del cultivo aséptico.....	11
2.2.7.3 Etapa 2: Inducción de brotes.....	11
2.2.7.4 Etapa 3: Multiplicación de brotes .....	12
2.2.7.5 Etapa 4: Enraizamiento y elongación .....	12
2.2.8 Hormonas y reguladores de crecimiento .....	12
2.2.8.1 Auxinas .....	13
2.2.8.2 Auxinas sintéticas .....	14
2.2.9 Citoquininas .....	14
2.2.9.1 Citoquinas naturales.....	14
2.2.9.2 Citoquininas sintéticas .....	14
2.2.10 Giberelinas .....	14
2.3. Definición de términos básicos.....	15
2.4 Hipótesis de investigación .....	15
2.4.1 Hipótesis general.....	15
2.4.2 Hipótesis específicas .....	16
2.4.3 Operacionalización de las variables.....	16
Capítulo III. Metodología.....	16
3.1 Gestión del experimento.....	16
3.1.1 Ubicación .....	16
3.1.2 Características del área experimental .....	17
3.1.3 Tratamientos .....	17
3.1.4 Diseño experimental .....	18
3.1.5 Variables a evaluar .....	18
3.1.6 Conducción del experimento .....	18
3.1.6.1 Fase de Inicio.....	18
3.1.6.2 Fase de Multiplicación.....	19
3.2 Técnicas para el procesamiento de la información.....	20
Capítulo IV. Resultados.....	20
4.1 Efecto de los reguladores de crecimiento en la fase de inicio .....	20



4.1 Efecto de las citoquininas en la fase de multiplicación .....	25
Capítulo V. Discusión.....	28
Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones .....	30
6.1 Conclusiones.....	30
6.2 Recomendaciones .....	32
Capítulo VII. Referencias .....	32
Anexos .....	39

## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Variables, dimensiones e indicadores.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 2. Tratamientos que se aplicaron experimento en cada fase de la tesis.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 3. Análisis de Varianza para la cantidad de hojas de la papa variedad Bicentenaria.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 4. Análisis de Varianza para altura de planta de la papa variedad Bicentenaria....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 5. Análisis de Varianza para la cantidad de raíces de la papa variedad Bicentenaria.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 6. Análisis de Varianza para el tamaño de la raíz de la papa variedad Bicentenaria.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 7. ANOVA: Cuadrados medios para la longitud de la raíz por sub cultivo in vitro.</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 8. ANOVA: Cuadrados medios para la altura de planta por sub cultivo in vitro.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 9. ANOVA: Cuadrados medios del número de brotes por sub cultivo in vitro.....</i>	<i>27</i>

## Índice de figuras

Figura 1. <i>Lugar donde se encuentra la Universidad Nacional de Cañete (UNDC) en el distrito de Cañete - Lima</i> .....	17
Figura 2. <i>Resultados de los tratamientos sobre la cantidad promedio de hojas de la papa variedad Bicentenario en la evaluación</i> .....	20
Figura 3. <i>Resultados de los tratamientos sobre la altura de planta de la papa variedad Bicentenario durante la evaluación</i> .....	22
Figura 4. <i>Resultados de los tratamientos sobre la cantidad de raíces de la papa variedad Bicentenario en la evaluación</i> .....	23
Figura 5. <i>Resultados de los tratamientos sobre la longitud de raíz de la papa variedad Bicentenario durante la evaluación</i> .....	24
Figura 6. <i>Efecto de los tratamientos sobre la longitud de raíz de la papa variedad Bicentenario por sub cultivo in vitro</i> .....	25
Figura 7. <i>Efecto de los tratamientos sobre la altura de planta de la papa variedad Bicentenario por sub cultivo in vitro</i> .....	27
Figura 8. <i>Resultados de los tratamientos sobre la cantidad de brotes de la papa variedad Bicentenario en la evaluación</i> .....	28

Efecto de los reguladores de crecimiento en la multiplicación *in vitro* de papa (*Solanum tuberosum*) var. Bicentenaria

Resumen

Objetivo: Evaluar el efecto de los reguladores de crecimiento en la multiplicación *in vitro* de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Bicentenaria. Metodología: La investigación se realizó en dos fases. Para cada concentración de fitohormonas, se evaluaron tratamientos con ácido indol acético (AIA), bencil aminopurina (BAP), furfurilaminopurina (KIN), ácido indolbutírico (IBA) y ácido giberélico (AG<sub>3</sub>). En la fase de inicio se sembraron explantes en el medio Murashige & Skoog (MS) con macro y microelementos en una cámara de crecimiento con condiciones controladas de  $20 \pm 2$  °C de temperatura, humedad relativa de 50% y un fotoperiodo de 16 h luz. En la fase de multiplicación; se escogieron plántulas con dos hojas desde los 5 cm de altura evaluándose la producción de brotes. Transcurrido un mes y medio los brotes que resultaron vigorosos se transfirieron y se determinó el tamaño del explante (cm) y el tiempo relativo de crecimiento. A los 10 días se evaluó si el explante era óptimo para su propagación por triplicado y su posterior estudio, teniendo en cuenta el tamaño y estado de las raíces y la cantidad de brotes. Los datos resultantes se analizaron estadísticamente por medio del ANOVA ( $P=0,95$ ). Resultados: El tratamiento T9 (1,5 ppm de AG) tuvo la mayor cantidad de hojas y la altura de la plántula los tratamientos T8 (1 ppm AG) y T7 (0.5 ppm AG) fueron superiores ( $p < 0,05$ ) al resto de tratamientos, los tratamientos T5 (1 ppm de AIA), T8 (1 ppm AG) y T6 (1,5 ppm AIA), obtuvieron el mayor número de raíces. Para longitud de raíz, no hubo respuesta a los tratamientos. Conclusiones: Se estableció el protocolo para la micropropagación y se logró propagar los explantes de papa .variedad Bicentenaria por medio de la aplicación de los reguladores del crecimiento en cultivo *in vitro*.

Palabras clave: fitohormonas, papa, vitroplantas, medio de cultivo, propagación *in vitro*.

Effect of growth regulators on *in vitro* multiplication of potato (*Solanum tuberosum* cv. Bicenaria)

Abstract

Objective: To evaluate the effect of growth regulators on multiplication *in vitro* of potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Bicenaria. Methodology: The research was carried out in two phases. For each phytohormone concentration [ppm] treatments with indole acetic acid (IAA), benzyl aminopurine (BAP), furfurylaminopurine (KIN), indolbutyric acid (IBA) and gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) were evaluated. In the initiation phase, explants were seeded in Murashige & Skoog culture medium with macro- and microelements in a growth room under controlled conditions of 20 ± 2 °C temperature, 50% relative humidity and a photoperiod of 16 hours of light. In the multiplication phase; seedlings with 2 leaves from 5 cm height were selected and the production of shoots was evaluated. After one and a half months the resulting vigorous shoots were transferred and explant size (cm) and relative growth time were determined. After 10 days, the explant was assessed for optimum propagation in triplicate and further study, taking into account root size, root condition and number of shoots. Data were statistically analysed by Analysis of Variance (P=0.95). Results: Treatment T9 (1.5 ppm AG) had the highest number of leaves and in plant height treatments T8 (1 ppm AG) and T7 (5 ppm AG) were superior (p<0.05) to the rest of the treatments. Treatments T5 (1 ppm AIA), T8 (1 ppm AG) and T6 (1.5 ppm AIA), obtained the highest number of roots. For root length, there was no response to the treatments. Conclusions: The protocol for micropropagation was established and it was possible to propagate explants of potato cv. Bicenaria by applying growth regulators in *in vitro* culture.

Key words: phytohormones, potato, vitroplants, culture medium, *in vitro* propagation.

## Capítulo I. Planteamiento del problema

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

El país alberga una elevada biodiversidad de especies vegetales, con enorme índice de desarrollo agroindustrial y genético, por tal motivo es muy importante identificar, desarrollar y transferir las nuevas tecnologías entre ellas la biotecnología, así como el cultivo *in vitro* de especies vegetales de forma automatizada, que optimizan los procesos de producción y adaptación de propágulos elegidos de muestras sin plagas y no infectadas; y podrían usarse para futuros trabajos de investigación y diversos experimentos (Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica [CONCYTEC], 2015).

La papa (*Solanum tuberosum*), ocupa el cuarto lugar como alimento de elevado consumo globalmente, luego del maíz, trigo y arroz, es muy importante en la dieta de las personas por su elevado nivel de nutrientes, según Camire *et al.* (2009), 100 g de papa cocida alberga 2.50 g en proteínas, 0.13 g en grasas totales, 21.15 g en carbohidratos, 2.2 g en fibra, además de vitaminas A, B y C (CIP, 2022), ubicándose así en la producción mundial, siendo de gran importancia por ocupar el cuarto lugar, por ser un cultivo altamente consumido, produciéndose al año 300 000 toneladas (FAO, 2010). Los tubérculos propagados vegetativamente, comúnmente acumulan en las semillas los fitopatógenos sistémicos, que se transmiten de entre generaciones en el cultivo; cuando esto sucede se va perdiendo el poder de rendimiento de las plantas. Además de diferentes factores que causan problemas en la economía, logrando alcanzar pérdidas de hasta el 20%, además de las plagas y la limitada tecnología de producción que se emplea (Torres, 2002).

Frente a la problemática, la biotecnología vegetal empieza a obtener un gran impacto y llega a ser un método tecnológico; una de las técnicas es la micropropagación la cual se sustenta en el principio de que las plantas pueden separarse en componentes que pueden ser manipulados *in vitro* y luego volver a crecer hasta formar una planta completa, siendo prerequisite el cultivo de tejidos debido a que se logra mantener germoplasma que le confiere resistencia a patógenos y mejorar las características agronómicas de la papa. Hay reportados en diversas variedades una óptima regeneración de plantulas por medio de una gran cantidad de explantes tisulares, entre ellos las hojas, los tallos y los tubérculos (Oropeza, 2012).

El mejoramiento de los procesos de micropropagación de papa aún no están dichos en su totalidad, por lo tanto, se considera como un componente primordial de diversos medios de cultivo de tejidos vegetales, que prevé el oscurecimiento de los tejidos que se han cultivado y los medios, por medio de la incorporación de componentes tóxicos como los son polifenoles libres por los tejidos (Priya *et al.* 2015) y el ácido salicílico está relacionado en las respuestas fisiológicas a fitopatógenos (resistencia sistémica adquirida) (Maksimov & Yarullina, 2007) e incrementa significativamente el crecimiento radical (Enríquez *et al.* 2001), con el fin de mejorar dicho proceso.

## 1.2 Formulación del problema

### 1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de los reguladores de crecimiento en la multiplicación *in vitro* de papa (*Solanum tuberosum* variedad Bicentenaria)?

### 1.2.2 Problema específicos

- ¿Cuál es el efecto de los reguladores de crecimiento ácido indolbutírico (IBA), Acido indolacético (AIA) y ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en la fase de inicio en la micropropagación de papa variedad Bicentenaria en condiciones controladas?
- ¿Cuál es el efecto de citoquinas bencilaminopurina (BAP) y furfurilaminopurina (KIN) en la fase de multiplicación en la micropropagación de la papa variedad Bicentenaria en condiciones controladas?
- ¿Se puede establecer y propagar los explantes de papa variedad Bicentenaria mediante la técnica de cultivo *in vitro*?

## 1.3 Objetivos de la investigación

### 1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de los reguladores de crecimiento en la multiplicación *in vitro* de papa (*Solanum tuberosum*) var Bicentenaria

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de los reguladores de crecimiento IBA, AIA y AG<sub>3</sub> en la fase de inicio de la micropropagación de papa variedad Bicentenaria en condiciones controladas
- Determinar el efecto de las citoquininas BAP y KIN en la fase multiplicación de la micropropagación de papa variedad Bicentenaria en condiciones controladas

- Establecer y propagar los explantes de papa variedad Bicentenaria mediante la técnica de cultivo *in vitro*

#### 1.4 Justificación de la investigación

Científico: Este trabajo investigativo nos permite extender los conocimientos sobre la propagación *in vitro* de papa variedad Bicentenaria. Esta tecnología ayudara a los productores de semilla, para que logren producir tubérculos semilla libre de patógenos y disminuir el uso de fungicidas para los fitopatógeno que atacan este cultivo.

Social: Esta investigación se justifica a razón de que los que producen semillas llevan sembrando plantas de papa, lo cual tiene un porcentaje de propagación no siendo lo adecuado, para tal fin habiendo alternativas de proveer plantas vigorosas y adaptadas para su propagación en los campos, este producto se pondrá al alcance de los alumnos, técnicos agropecuarios y agricultores para lograr obtener una gran producción de semilla que nos otorga, proporciona y garantiza un material vegetal 100% libre de enfermedades y de gran calidad genética.

Económico: El trabajo proporcionara al productor de semillas plántulas de papa que se encuentren disponibles para ser comercializadas, a partir de plántulas de papas sanas, con capacidad productivas y con las características de la variedad Bicentenaria y también de otras de libre elección, que proporcionen una fuente de ingreso en su actividad agrícola, ayudando a promover y aumentar el mercado nacional e internacional con un buen precio, esto también permitirá elevar la calidad del producto y mejorar estándares de los productos.

#### 1.5 Delimitación del estudio

La siguiente investigación se realizó en el Laboratorio de Cultivo *in vitro* de Tejidos Vegetales del Centro Internacional de Investigación para la Sustentabilidad (CIIS) de la UNDC, por tener una estupenda infraestructura para lograr desarrollar el trabajo de tesis. De esta forma se aprovechó todos los reactivos y equipos necesarios para desarrollar la investigación, así como con el apoyo de profesionales que poseen el conocimiento previo del tema a ejecutar. Esto permitió centrar la investigación en la línea bien definida y ya establecida dentro del laboratorio, que se ejecutó durante cinco meses.



## Capítulo II. Marco teórico

### 2.1 Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1 Investigaciones internacionales

Polo (2019), evaluó tres medios de cultivo para la micropropagación de papa en condiciones controladas, los tres medios estuvieron complementados con almidones que son: quínoa, banano y papa, con dos dosis (25 y 75 g). Evaluó: la cantidad de nudos, de hojas, de raíces, la altura (cm). El análisis de resultados mostró que, el tratamiento dos (MS + Almidón de quínoa 25cc), se encontró óptimos resultados en las dosis evaluadas, en la cantidad de nudos 19,50 por plántula, cantidad de raíces 5,75 por plántula, cantidad de hojas 19 por plántula, altura 7,80 cm por vitroplanta. Se comprobó que la mezcla de los almidones en el medio de cultivo MS es una opción accesible para completar y elevar la eficacia para el cultivo *in vitro* de papa.

López (2019) evaluó seis cultivos de propagación *in vitro* de meristemos de papa. Se empleó el medio Murashige & Skoog (MS) + ácido ascórbico 3,0 mg/L Tratamiento A, MS + A + ácido giberélico 2 mg/L tratamiento AG, MS + AG + 6- bencilaminopurina 0,5 mg/L tratamiento AGBAP, MS + AG + kinetina 0,5 mg/L tratamiento AGK y MS sin agregar fitohormonas con 20 g/L sacarosa y pH de 5,6. Los datos a analizar fueron fenolización, formación de callo, cantidad de nudos y altura de planta a los 60 días. Las plántulas en todas las dosis no presentaron fenolización; los resultados de los tratamientos: AG persentó 60 %, AGBAP 100% y AGK 100% de inducción. Además el ácido giberélico no afectó la elongación del tallo y la distancia de los entrenudos, posiblemente por la mezcla con citocininas. Los resultados de MS sin fitohormonas sacarosa y pH de 5,6 presentó mayor número de nudos (8,17) y altura (8 cm) al día 60. El medio óptimo para el cultivo para la propagación *in vitro* de meristemos de papa fue el MS con sacarosa.

Quisbert (2019) estudió el efecto de tres diversos tratamientos con carbón activado (CA) y diversas fuentes de carbono (azúcar comercial, glucosa, miel de abeja, miel de caña melaza) en la multiplicación de vitroplantas de papa. El mayor crecimiento se obtuvo con azúcar comercial 30 g/L y CA 1 g/L; en segundo lugar obtuvo un elevado rendimiento empleando azúcar comercial 30 g/L y CA 4 g/L. También se logró la adquisición de pigmentación de la especie y se concluyó que las fuentes de carbono influyen significativamente, produciendo 75 % con una elevada pigmentación y un 25% sin pigmentación, en la cual se le empleó solo melaza 10 g/L del medio de cultivo.

Mora (2017) implementó la producción de minitubérculos de papa de pulpa de colores por la técnica convencional y aeroponía. Bajo el esquema convencional de producción de semillas de papa, fue posible obtener desde 7 hasta 23 tubérculos por planta entre los genotipos evaluados, con un porcentaje de 77 a 96% para semilla apta para establecimiento en campo. Llevó a cabo con éxito la instalación y optimización de la técnica aeropónica. También tuvo la posibilidad de observar el comienzo de la tuberización de forma diferente en los genotipos bajo el sistema aeropónico, a los 35, 44 y 75 días luego del trasplante, con un promedio de dos tubérculos por plántula, teniendo éstos un tamaño promedio de 30 mm, lo que confirma la adaptación de la técnica para la elaboración de tubérculos semilla.

#### 2.1.2 Investigaciones nacionales

Gil (2021) determinó el efecto de diversas dosis de azúcar y de 6 - Bencilaminopurina (BAP) en la tuberización *in vitro* de papa de pulpa de color, utilizando el medio MS con cloruro de mepiquat, en diversas dosis de azúcar y BAP, realizando la evaluación luego de 90 días. Concluyó que el tratamiento conformado por MS con cloruro de mepiquat a 0,1%, azúcar al 8% y BAP a 2,5 ppm, fue el mejor para la propagación de tubérculos.

En la investigación de Yauri (2019) se analizó el efecto de compuestos nutritivos en la micropropagación de explantes de papa por medio de microesquejes uninodales de explantes micropropagados, utilizando el sistema autotrófico. Empleó esquejes uninodales de explantes micropropagados de 25 días, los que se propagaron autotróficamente en cajas con una cantidad de 12 plántulas/caja y pH de 5,7. Luego de 10 días de la propagación *in vitro* se hizo el análisis de la cantidad de plantas sobrevivientes y la altura de los explantes prendidas, a los 15, 20, y 25 días se hizo la medida de la altura de los explantes, la medida del tallo y el número de raíces por explantes que crecieron a los 25 días. El óptimo resultado se tuvo en el T4, compuesto con aplicaciones de riego de 20 ml, elaborado de solución nutricional hidropónica y se empleó turba con musgo: se halló que para producir explantes de papa, por medio del sistema autotrófico es recomendable se empleó sustrato y solución nutricional, y con precios que favorecen la producción de semilla pre básica.

Tolentino (2019), en el análisis del efecto de los reguladores de crecimiento en la propagación de papas amargas, evaluó la supervivencia, contaminación y muerte de explantes realizando tres tratamientos con hipoclorito de sodio (NaClO) a diferentes niveles, empleando el medio MS complementado con azúcar al 3% y Phytigel 0,3%. Para la fase de multiplicación se utilizaron 9 dosis de bencilaminopurina (BAP), ácido giberélico (AG3) y

un tratamiento control. Se analizó la cantidad de nudos y tamaño del tallo. Para el enraizamiento se emplearon 05 dosis con ácido indol acético (AIA). Se calculó el tamaño y la cantidad de raíces. A todas las dosis se les colocó el fotoperiodo de 16 horas luz y temperatura de 20°C. El óptimo tratamiento de desinfección fue con NaClO al 1%, en donde se tuvo solo un 6% de contaminación, 91% de sobrevivientes y 3% de plántulas muertas. Las óptimas dosis que tuvieron mayor cantidad de nudos fueron las de 1,5 ppm de BAP y 0,5 ppm de AG3 teniendo así 4 nudos/plántulas. La dosis óptima para el tamaño del tallo fue con 1 ppm de AG3 con un valor de 64,1 mm de tamaño del tallo/plántula. En la mezcla de 1,5 ppm de BAP con varias dosis de AG3, la óptima dosis fue con 1,5 ppm de BAP, llegando a un valor de 36,9 mm del tamaño de tallo/plántula, no tuvo diferencias estadísticas en la propagación de nudos utilizando 1,5 ppm de BAP agregado con varias dosis de AG3. El óptimo enraizamiento fue con dosis de 2 ppm de AIA con un valor de 10 raíces/plántula, mientras que el testigo logró tener 26 mm de tamaño de raíz/plántula.

Rosario (2019) evaluó el efecto de las citoquininas BAP y KIN en la multiplicación in vitro de las papas amargas, empleó con dos dosis de Hipoclorito de sodio (0,75% y 1%), al compararlos, halló que los valores de contaminación y sobrevivencia no se diferencian de las plántulas con tratamiento. También; el efecto que provoca las citoquininas en el tamaño de los explantes, en la cantidad de nudos, el tamaño de las raíces y la cantidad de raíces; tiene un efecto dañino, ya que retarda el desarrollo de los explantes, sus hojas y sus raíces. Los resultados del BAP en los niveles analizados es mucho más fuerte comparado con el KIN, además de la dosis de KIN es importante en el desarrollo de las raíces, y el BAP no logra producir ninguna raíz.

Carrión (2017) trabajó en la propagación de microtubérculos de papa en un proceso de inmersión temporal y la producción de este en un vivero para lo cual utilizó plántulas in vitro provenientes de CIP (var. Canchán, Yungay, Única, Capiro y Peruanita); en pruebas in vitro la dosis del día 0 es la que tuvo elevada cantidad de masa fresca con 0,977 g, aunque no varió mucho con el resto a las dosis aplicadas. Mejores resultados de tuvieron con la dosis a los 14 días el cual tuvo más rendimiento de tuberculillos. La masa fresca producida de las variedades fue significativa, siendo la variedad Canchan la que más peso fresco obtuvo con 8,67g, Yungay fue la que menor peso fresco obtuvo con 2,83g. En número de microtubérculos, Peruanita fue la que más cantidad de microtubérculos obtuvo con 20 unidades y Yungay la de menor cantidad (4,6). En vivero se apreció que la producción de los cuatro tipos de semilla, en la variedad Canchan se encontró diferencias, siendo las

plantulas las que provienen de microtubérculos grandes con optima producción, con un peso fresco por plántula de 29,39g y 5,08 minitubérculos, por otro lado, las plántulas que provienen de microtubérculos pequeños rindieron 10,85 g y 2,62 minitubérculos.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Reseña histórica de la papa

Según el Centro Internacional de la Papa [CIP] (2022), la papa tuvo su origen en Sudamérica en las partes altas de la cordillera, en la cual ha sido parte de la dieta por aproximadamente 8 000 años. Los conquistadores europeos trasladaron la planta a España en el siglo XVI a la cual la adaptaron en su clima, llegando a ser hasta ahora un alimento de suma importancia, popular y clásico. Las papas a comúnmente eran consumidas en los buques para evitar escorbuto, esta era una enfermedad provocada por la falta de vitamina C. En el siglo XIX la papa había sido distribuida por todo el continente europeo, la cual era un alimento barato y numeroso para los trabajadores en la Revolución Industrial. Según el CIP (2022) esta planta fue domesticada por primera vez en el Lago Titicaca ya hace más de 6000 años, en la cual alberga la mayor diversidad de especies nativas en la actualidad.

### 2.2.2 Cultivo de la papa

Es una planta herbácea anual de tallo que pueden alcanzar de 0,6 a 1 m de longitud y sistema radical fibroso. Perteneciente a la familia de las Solanaceae, y al género *Solanum*, en la cual también se encuentra el tomate (*Solanum lycopersicum* L.), el ají (*Capsicum annuum* L.) y la berenjena (*Solanum melongena* L.) (Rodríguez-Pérez, 2010). Esta planta se divide en dos subespecies muy poco diferentes: andigena, la cual está adaptada a estados de días cortos, se cultiva principalmente en la cordillera de los Andes, y tuberosum, esta es la variedad que actualmente se cultiva en el mundo y según estudios dice que es descendiente de una que se introdujo en Europa de las papas andigenas, luego de eso fue adaptada poco a poco a días más largos (FAO, 2010). Este tubérculo cuya principal función fisiológica es acumular nutrientes en los tuberculillos. En la fase de tuberización se necesitan cantidades enormes de agua, también para cultivarlas se necesita tierras suaves, esponjosas y con aireación, para el óptimo crecimiento son necesarios los suelos arenosos y no los arcillosos, ya que los arenosos el nivel del pH se encuentra entre 4,5 y 7,5, los cuales son necesarios para su desarrollo (La Torre, 2012). La papa ocupa el cuarto lugar como alimento imprescindible en la alimentación regular de las personas. Cuando se cosecha alberga un 80% de agua y 20%

de material seco en los cuales alberga gran cantidad de micronutrientes en especial la vitamina C (FAO, 2010).

### 2.2.3 Descripción botánica de la especie

La caracterización morfológica del cultivo de papa fue descrita por Egúsquiza (2000):

- Tallo. Las plantaciones que provienen de semilla verdadera tienen un tallo principal, en cambio las que provienen de tubérculo semilla pueden proporcionar diversos tallos. El tallo es principalmente de color verdusco y algunas veces puede tener el color marrón-rojizo o morado. Las yemas que crecen en el tallo entre la parte axilar de las hojas pueden extenderse hasta llegar a formar tallos a los lados, estolones, inflorescencias y, en ocasiones, tubérculos aéreos.
- Raíz. La raíz puede crecer por medio de una semilla o de un tubérculo. Cuando se desarrolla por medio de una semilla, crece una pequeña raíz axonomorfa, con ramificaciones a los lados. Cuando se desarrolla de tubérculos, crecen raíces adventicias, primeramente, en la estructura de cada brote y luego sobre los nudos en la zona interna de cada tallo. La estructura radical se transforma de delicado y superficial a fibroso y profundo.
- Hoja. Las hojas se distribuyen en forma de espiral en el tallo. Siempre, las hojas están hechas, es decir, albergan una estructura central y luego se dispersan en folíolos. Cada raquis tiene diversos conjuntos de folíolos principales a los lados y un folíolo donde termina.
- Flor. Las flores tienen cinco pétalos y son principalmente blanquecinas, también crema, celestes, rojizo o lilas en sus diversas tonalidades e intensidades. Las flores son monoicas, logrando desarrollar frutos denominados bayas, las cuales contienen la semilla botánica de papa.
- Tubérculo. Son tallos modificados y forman los primordiales organismos de almacenamiento de la planta de papa. Un tubérculo tiene dos lados: el basal o lado ligado al estolón, que se denomina talón, y el lado opuesto, denominado apical o distal.

### 2.2.4 Fenología de la papa

Los brotes crecen entre 10 - 12 días en el tubérculo semilla cuando son sembrados en el campo y tienen las condiciones idóneas de temperatura y humedad en el campo (Román y Hurtado, 2002). En su fase vegetativa, hay incremento de follaje y raíces de forma seguida; dura un promedio de 35 días; el tamaño puede cambiar de 0,40 a 0,90 m para la subespecie

tuberosum y llegando a medir hasta 2 m en comparación de la subespecie andigena. Cuando estos puntos de propagación disminuyen sus requisitos de fotosintatos, inicia la propagación de los tubérculos o también llamada tuberización (Egúsquiza, 2000).

En variedades jóvenes, la tuberización inicia a los 30 días luego de su siembra; en otras variedades intermedias, está en los 35 a 45 días; y en las más tardías esta entre los 50 a 60 días. Los días iniciales luego del comienzo de la tuberización 5 - 20% de los asimilados son trasladados hacia los tubérculos, aumentándose con el pasar de los días hasta su cosecha (Gawronska et al., 1984; Burke, 2003). Este proceso dura unos 30 días. Los tubérculos llegan hasta su madurez fisiológica a los 75 días, en variedades juvenes, 90 días para intermedias y 120 días para variedades tardas. En este proceso los tubérculos logran cosecharse y almacenarse (Román y Hurtado, 2002).

#### 2.2.5 Clasificación taxonómica de la papa

Fuente: Montaldo, (1984).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanáceas

Género: Solanum

Especie: tuberosum

Nombre científico: *Solanum tuberosum*

Nombre común: Papa

La papa es un cultivo herbáceo anual que llega a crecer hasta unos 100 cm de alto. En el tiempo de crecimiento de la papa, sus hojas compuestas sintetizan el almidón que es dispersado luego hasta los tallos subterráneos (o estolones). Estos orgánulos se ensanchan para formar tubérculos cercana del lado del suelo. Logran formarse de algunos pocos hasta

20 tubérculos. La cantidad de tubérculos que alcanzan la madurez depende de la disposición de humedad y nutrientes del campo (Centro Internacional de la Papa [CIP], 2022).

### 2.2.6 Cultivo *in vitro* de tejidos vegetales

Calva y Pérez (2005) nos dicen que cultivar células y tejidos vegetales se refiere a la unión de técnicas empleadas para realizar propagación de células, tejidos u orgánulos vegetales *in vitro*, a nivel aséptico, sin microorganismos, lo que nos habla sobre el principio de totipotencia, lo que nos explica que cualquier célula vegetal tiene una copia íntegra del material genético de la plántula de la cual se extrajo sin importar su función o lugar de ella, por lo que tiene el poder para propagar una nueva plántula.

Aguirre *et al.* (2016) definen a la producción de tejidos vegetales como una nueva herramienta procedente de la biotecnología vegetal que dispersa estructuras de una planta y las propaga en un medio de cultivo elaborado para cultivar *in vitro* dándole las condiciones de salubridad para tener metabolitos, tejidos, órganos o plántulas completas, donde las plántulas o partes de las plántulas analizadas son sembradas en un frasco de vidrio, el término cultivo *in vitro* deriva del latín *in*: adentro, *vitro*: vidrio), en otras palabras, en un recipiente de vidrio, en una placa Petri, en un matraz, etc.

El dialecto cultivo *in vitro* de plántulas, quiere decir sembrar plántulas adentro de un recipiente de vidrio, dando un ambiente artificial, en el cual este método de sembrar las plántulas tiene dos formas primordiales: la sanidad (ausencia de gérmenes, etc.), y el control de los factores que intervienen en el crecimiento (Castillo, 2004).

### 2.2.7 Etapas de la micropropagación

#### 2.2.7.1 Etapa 0: Selección del material vegetal o planta donadora

Roca y Mroginski (1993), comunican que este proceso pertenece a la elección del material vegetal del cultivo madre o plántula donadora y es uno de los factores indispensables para llegar al éxito o el fracaso de la propagación de un cultivo determinado, donde la planta madre tiene que estar salubre, lejos del estado de senescencia y sin señales de enfermedad por fitopatógenos, sabiendo que los tejidos jóvenes tienen una cantidad más elevadas de células en división por lo que al comenzar en tejido des diferenciado su cantidad de propagación será más elevada.

Es recomendable tener la plántula madre en un invernadero, para lograr controlar su temperatura, humedad, condiciones de salubridad, y nutrición necesaria para desarrollar

eficazmente, preferentemente esta debe estar en estado juvenil ya que el material vegetal que se tendrá la edad y caracteres fisiológicos de la plántula madre (Roca y Mroginski, 1993).

#### 2.2.7.2 Etapa 1: Establecimiento del cultivo aséptico

Roca y Mroginski (1993), muestran que, teniendo un cultivo salubre del material vegetal escogido, para lo cual debe efectuarse un procedimiento de desinfección de los explantes y así prever que se presenten microorganismos que contaminen el medio de propagación y dañen la plántula en un proceso corto a causa de la disputa por los nutrientes del medio de cultivo.

Aguirre *et al.* (2016), expresan que los más comunes y menos dañinos, son los componentes hechos en base a cloro como el hipoclorito de sodio o de calcio, también se le adicionan gotas de detergentes a estas soluciones para optimizar el contacto de éstas con las muestras vegetales, como el Tween 20 que es el más empleado en dosis de 0,01 a 0,05 % (v/v), detergentes para lavar utensilios de cocina son utilizados para sustituirlos; el alcohol principalmente es empleado a una concentración de 70 y 80 % (v/v), dosis más levadas de alcohol, son menos eficientes y pueden llegar a deshidratar los tejidos vegetales, también de ser germicida, el alcohol es surfactante y utilizarlo al comienzo, favorece la efectividad de los otros productos, después de la desinfección, siguen de tres a cinco lavados con agua destilada estéril.

Roca y Mroginski (1993), dicen que cada especie de plántulas necesita diversos protocolos de desinfección; de igual forma, la desinfección de los órganos o tejidos vegetales utilizados como explantes requerirán diversos protocolos, dosis y tiempos de sumersión en las soluciones de agentes químicos de desinfección.

#### 2.2.7.3 Etapa 2: Inducción de brotes

Luego del proceso de propagación del cultivo que está en la fase de desinfección del material vegetal y la preparación del medio de cultivo, sigue el proceso de propagación de brotes, después se realiza la propagación del material vegetal en estado de limpieza total en cámaras de flujo laminar para proteger la muestra de interés; con esto se quiere disminuir completamente la posibilidad de contaminación externa hacia las plántulas o el medio de propagación (Roca y Mroginski, 1993). Los componentes del medio de cultivo es indispensable, ya que por esta depende los resultados del crecimiento de la plántula, también se tiene que tener en cuenta que las plántulas propagadas no son plenamente autótrofas por lo que necesitan de la incorporación de azúcar y diversos componentes que motiven su



propagación para cada variedad de plántula con la que se trabaje, también se encuentran varias formulaciones de medios de cultivo: pero el más usado es el medio Murashige y Skoog, fundamentalmente si el propósito es la regeneración de las plántulas (Pierik, 1990).

Se debe recalcar, que entre las esenciales diversidades de los medios de cultivo está el uso de compuestos como las hormonas que se utilizan para promover la diferenciación y propagación celular, estos componentes son de diversos como: citoquininas, auxinas, giberelinas, brasinolidas, y otros, que después de realizada la siembra de las plántulas en estos medios de cultivo, se tienen los recipientes donde se colocó las explantes en una incubadora en la cual serán supervisados diariamente para registrar si existe o no contaminación, si no se encuentra contaminación las plántulas se quedaran en dicha incubadora hasta que se dé el crecimiento esperado o la plántula necesite de un cambio de medio de cultivo para la diferenciación del tejido (Roca y Mroginski, 1993).

#### 2.2.7.4 Etapa 3: Multiplicación de brotes

Luego del crecimiento de la plántula y propagación, se apreciará que las plántulas hayan propagado brotes con hojas, el tejido propagado puede ser otra vez fragmentado y sembrado a un nuevo medio de cultivo en el cual se desarrollará y seguirá creciendo procediendo a la formación de tejido des diferenciado, callo o formación de brotes (Cubero, 2003). Con esto, se proporciona sub cultivos de la materia prima o plántula madre, la cual tiene a las plántulas clones de dicha especie, los nuevos brotes se deberán sub cultivar seguidamente con la finalidad de tener una alta cantidad de explantes o propágulos en cada división de la planta; la cantidad de plántulas que se adquiera depende de la clase de especie vegetal, su genética, y de condiciones del medio de cultivo (Castillo, 2004).

#### 2.2.7.5 Etapa 4: Enraizamiento y elongación

En la etapa de enraizamiento, las plántulas multiplicadas en la fase de multiplicación son transportados a un nuevo medio de cultivo que tiene nivele menores de sales minerales, es por eso que, no todas las especies vegetales requieren el uso de medios de enraizamiento para la formación de sus raíces ya que en la etapa de multiplicación y enraizamiento ocurre seguidamente; por lo que este proceso depende mucho de la especie vegetal utilizada en el estudio (Roca y Mroginski, 1993).

#### 2.2.8 Hormonas y reguladores de crecimiento

En la actualidad, el conjunto de fitohormonas ha ido incrementándose y ahora está incluido el ácido abscísico, las auxinas, brasinoesteroides, citoquininas, etileno, giberelinas,

jasmonatos, ácido salicílico y estrigolactonas (Depuydt y Hardtke, 2011; Santner *et al.* 2009), también existen algunas que tienen efectividad y que aún no han sido descritas o estudiadas a profundidad como fitohormonas, un ejemplo son las poliaminas, el óxido nítrico y los péptidos (Davies, 2004; Dharmasiri, 2013). Estos se han vinculado en varias u otras formas a la regulación de cada proceso de la vida de los explantes, desde su crecimiento hasta su respuesta de las plántulas a los niveles de estrés bióticos y abióticos (Santner *et al.*, 2009; Wolters y Jurgens, 2009). La síntesis de una fitohormona está mayormente regulada, principalmente fija a una retroalimentación positiva o negativa estudiada por las condiciones y luego afectado por una interacción con otras fitohormonas y factores ambientales. Una vez elaborado, diversas fitohormonas están dispuestas a alteraciones químicas que dañan su efectividad, en algunos casos, la fitohormona inactivada se podría almacenar y luego ser liberada fugazmente en manera activa por medio de una reversión de estas modificaciones (Anónimo, 2010). Las fitohormonas podrían dedicar su proceso en su zona de acción, trasladarse por medio de toda la plántula por medio del xilema o floema, trasladarse a pequeñas distancias entre células por proteínas transportadoras o en algunos casos ser dispersada libremente por medio de las membranas (Anónimo, 2010).

#### 2.2.8.1 Auxinas

Aguirre *et al.* (2016), expresan que estas son las primeras fitohormonas de la cual hubo una descripción, su forma es un proveniente del fenol o el indol, y en su estructura tiene anillos aromáticos con dos enlaces conjugados, todas las auxinas son ácidas; aún no se establece el modo de acción, pero tiene relación directa con su estructura, ya que si se modifica pierde su función. Dentro del grupo de las auxinas se encuentran el ANA, AIB, 2,4-D y el AIA, esta última es sintetizada por medio de tejidos meristemáticos en la plantula (Prieto *et al.* 2005).

##### 2.2.8.1.1 Auxinas naturales

Sharry *et al.* (2015), expresan que el Ácido indol acético (AIA) es la única auxina proporcionada naturalmente que se encuentra en los lugares de crecimiento, siendo fotosensible, por lo cual no es conveniente emplearlo en la propagación en suspensión al ser una fitohormona que se encuentra naturalmente, la disipación del tejido es muy fugaz ya que en las plántulas están las enzimas denominadas oxidasas las cuales hidrolizan a la fitohormona de forma que su duración es mínima y su efecto es leve.

#### 2.2.8.2 Auxinas sintéticas

Sharry *et al.* (2015), nos dicen que de las auxinas que son sintetizadas en laboratorio están el Ácido naftalenacético (ANA), ácido 2,4 diclorofenoxiacético y Ácido indol butírico (AIB), que son primordiales para cultivar meristemas, en el procedimiento de morfogénesis directa e indirecta, en la inducción de embriogénesis somática, en el enraizamiento de microesquejes y actúan promoviendo la propagación de ápices caulinares.

#### 2.2.9 Citoquininas

Sharry *et al.* (2015), nos dicen que las Citoquininas son empleadas para promover la división celular, principalmente al unirlas con auxinas, las que en elevadas dosis proporcionan el crecimiento de brotes adventicios e inhiben el crecimiento de raíces, provocando la multiplicación de tallos y propagación de yemas a los lados, por medio de la disminución de la dominancia apical, ralentiza el procedimiento de envejecimiento celular e influyen en el transporte de auxinas, ya que diversos tejidos necesitan principalmente Citoquininas para el fenómeno de la organogénesis, éstas no son necesarias.

##### 2.2.9.1 Citoquininas naturales

Sharry *et al.* (2015), expresan que en las Citoquininas naturales puede encontrarse la Zeatina, que se saca del endospermo del maíz, y 6 isopentanol adenina (2IP), aislada de *Clostridium tumefaciens*, la cual elabora una sobre expresión de los tejidos.

##### 2.2.9.2 Citoquininas sintéticas

Sharry *et al.* (2015), mencionan que las citoquininas sintéticas son: 6-benciladenina (6 BAP) o también conocida como bencilaminopurina (BAP); la kinetina (KIN) también conocida como 6- furfurylamino purina (FAP) y fue la primera Citoquinina identificada producida de síntesis por la degradación térmica del ADN.

#### 2.2.10 Giberelinas

Sharry *et al.* (2015), expresan que las giberelinas se localizan de forma natural en las plántulas y proporcionan una elongación de estas, alargamiento de los entrenudos y la propagación meristemática, provocando una ruptura de dormancia de los embriones propagados o de las semillas las cuales no promueven la propagación de tallos y raíces adventicias, siendo el Ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) el más empleado el cultivo in vitro.

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Planta madre:** La cual por medio de su propagación se va a tener los esquejes, gajos o yemas para proporcionar clones o plántulas hijas, que serán idénticas a la original (Sucojayo, 2012).
- **Desinfección:** Es un procedimiento con sustancias químicas que elimina o erradica los contaminantes ya sean microbianos ya sea anulando la propagación de estos en su estado de crecimiento vegetativo y eliminando los restos para su propagación (Luque y Mareca, 2018).
- **Esterilización:** Es el procedimiento por el cual se tiene un material, producto o medio de cultivo sin contaminantes biológicos vivos (Luque y Mareca, 2018).
- **Medio cultivo:** Estos productos son una combinación de nutrientes que, en niveles óptimos, en valores físicos precisos, ayudan al crecimiento de tejidos vegetales (Castillo, 2013).
- **Fitohormonas:** Son componentes elaborados por células vegetales y se emplean en otras células como mensajeras químicas, siendo capaces de establecer de forma predominante los sucesos fisiológicos de las plántulas (Cantero, 2014).
- **Yemas axilares:** Es un brote embrionario que se encuentra en la zona axilar de la hoja. Cada yema tiene el poder de proporcionar un nuevo brote, y puede especializarse en la producción, ya sea brotes vegetativos o brotes reproductivos (Otegui, 2007).
- **Meristemo apical:** Son los encargados de la propagación de la estructura primaria de la plántula, se pueden encontrar en los ápices de raíces y de los tallos, principales y a los lados (Otegui, 2007).

### 2.4 Hipótesis de investigación

#### 2.4.1 Hipótesis general

La aplicación de reguladores del crecimiento mejoran la micropropagación de papa variedad Bicentenario bajo condiciones controladas (*in vitro*).

Hipótesis alternante: La aplicación de reguladores del crecimiento no tienen el efecto de mejorar la micropropagación de papa variedad Bicentenario bajo condiciones controladas (*in vitro*).

### 2.4.2 Hipótesis específicas

Las auxinas IBA y AIA y las giberelinas AG3 influyen en el desarrollo de las microplantas de papa variedad Bicentenaria en la fase de inicio bajo condiciones controladas.

Las citoquininas BAP y KIN influyen en la fase multiplicación de la micropropagación de papa bajo condiciones controladas.

Los reguladores de crecimiento permiten un mejor establecimiento y propagación de los explantes de papa variedad Bicentenaria mediante la técnica de cultivo *in vitro*.

### 2.4.3 Operacionalización de las variables

A continuación, se muestran las variables, dimensiones e indicadores para el análisis de las muestras de papa (tabla 1).

**Tabla 1**

*Variables, dimensiones e indicadores*

Variables	Dimensiones	Indicadores
X, independientes Dosis de Auxinas y citoquinas y AG <sub>3</sub> en el medio de cultivo	Concentración de Variedades	<ul style="list-style-type: none"><li>● Medio de cultivo</li><li>● Parte por millón (ppm)</li><li>● Variedad Bicentenaria</li></ul>
Y, dependientes Crecimiento en la micropropagación de papa	Características morfológicas y funcionales <i>in vitro</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Peso fresco (g)</li><li>● Longitud de raíz</li><li>● Longitud del tallo</li><li>● Proliferación de yemas</li><li>● Porcentaje de contaminación</li></ul>

## Capítulo III. Metodología

### 3.1 Gestión del experimento

#### 3.1.1 Ubicación

La siguiente tesis se realizó en el Laboratorio de Cultivo *in vitro* de Tejidos Vegetales del Centro Internacional de Investigación para la Sustentabilidad (CIIS) de la Universidad Nacional de Cañete (UNDC).

Distrito: Lunahuaná

Provincia: Cañete

Departamento: Lima

**Figura 1**

*Lugar donde se encuentra la Universidad Nacional de Cañete (UNDC) en el distrito de Cañete - Lima*



### 3.1.2 Características del área experimental

El laboratorio donde se realizó el experimento tiene las siguientes características:

- Altura: 2,5 m
- Ancho: 7 m
- Largo: 13,5 m

### 3.1.3 Tratamientos

Para cada concentración de fitohormonas en parte por millón (ppm) se realizaron los tratamientos dispuestos en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Tratamientos que se aplicaron experimento en cada fase de la tesis*

Fase de inicio	
Tratamiento 0	MS
Tratamiento 1	IBA (0,5 ppm)
Tratamiento 2	IBA (1 ppm)
Tratamiento 3	IBA (1,5 ppm)
Tratamiento 4	AIA (0,5 ppm)
Tratamiento 5	AIA (1 ppm)

Tratamiento 6	AIA (1,5 ppm)
Tratamiento 7	AG3 (0,5 ppm)
Tratamiento 8	AG3 (1,0 ppm)
Tratamiento 9	AG3 (1,5 ppm)
Fase de multiplicación	
Tratamiento 0	MS
Tratamiento 1	BAP (0,5 ppm)
Tratamiento 2	BAP (1 ppm)
Tratamiento 3	BAP (1,5 ppm)
Tratamiento 4	KIN (0,5 ppm)
Tratamiento 5	KIN (1 ppm)
Tratamiento 6	KIN (1,5 ppm)

### 3.1.4 Diseño experimental

Se usó el Diseño Completamente Aleatorizado con 10 repeticiones por tratamiento en cada etapa de desarrollo in vitro de papa variedad Bicentenario.

### 3.1.5 Variables a evaluar

Se evaluó al cabo de 5 días después de haberse iniciado la incubación; se determinó el tamaño del explante (cm) y el tiempo relativo de crecimiento y enraizamiento.

Al cabo de 10 días se evaluó si el explante es óptimo para su propagación por triplicado y su posterior estudio, sabiendo sobre el tamaño, estado de la raíz y la cantidad de brotes.

### 3.1.6 Conducción del experimento

#### 3.1.6.1 Fase de Inicio

##### 3.1.6.1.1 Selección de explantes para establecimiento de cultivo in vitro

Para el procedimiento de selección las plantas procedentes de papa var. Bicentenario fueron seleccionadas como explantes y se llevaron a la incubadora del laboratorio.

##### 3.1.6.1.2 Preparación de medios de cultivo

Para la elaboración del medio de cultivo se empleó el medio Murashige & Skoog (1962) [MS] formulado con macro y microelementos 4,33 g/L, se agregó vitaminas al medio (el medio de cultivo no contiene vitaminas), agar y se diluyó en agua destilada; se procedió a calibrar el pH del medio empleando hidróxido de sodio (NaOH) y/o ácido clorhídrico (HCl), se esterilizó por autoclave a 121°C por 15 minutos y 15 lb de presión.

Se preparó una solución concentrada de cada regulador de crecimiento (solución madre). Para disolver el regulador de crecimiento se empleó unas gotas de hidróxido de sodio a 1 N

(NaOH) y luego se diluyó con agua destilada hasta completar el volumen total, cuando el medio se enfrió a 50°C se pudo añadir las concentraciones de las soluciones ya calculadas (Tabla 2).

El medio se dispensó en tubos de ensayo estériles de 16 x 150 mm con tapa de polipropileno translúcida. Al final, se taparon con film y se dejó unos 7 días para lograr usar los medios, con el fin de ver si es que se contaminaron o no los tubos.

#### 3.1.6.1.3 Desinfección de cámara de cultivo

Las plántulas fueron propagadas en la cámara de flujo laminar que fue esterilizada siguiendo el siguiente proceso:

- Desinfección con alcohol 70°.
- Colocación del mechero de alcohol.
- Se colocaron los materiales en la cámara y se prendió la luz Ultravioleta (UV) de la cámara por 15 min.

Se tuvo asepsia durante todo el procedimiento empleando materiales estériles.

#### 3.1.6.1.4 Desinfección de explantes

Los brotes de yemas se desinfectaron con etanol al 70° por 2 min, después con Hipoclorito de Sodio (NaClO) al 1% durante 10 min, posteriormente se limpiaron los restos de cloro con lavados sucesivos en agua destilada estéril.

#### 3.1.6.1.5 Introducción de explantes en medio de cultivo

Con hojas de bisturí se extrajeron los ápices meristemáticos de aproximadamente 0,5 cm de las plantas y se colocaron en los tubos de ensayo con medio MS con sus respectivas concentraciones de fitohormonas (Tabla 2), se rotularon los tubos de acuerdo a la proporción, fecha y planta, se cerraron los tubos con film plástico. Estos tubos sembrados se dejaron en una caja de crecimiento en condiciones controladas con temperatura de 22°C, humedad relativa de 50% y sometidas a un periodo de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad controlada por un temporizador (General Electric), evaluando semanalmente las plántulas.

#### 3.1.6.2 Fase de Multiplicación

##### 3.1.6.2.1 Multiplicación de brotes

Se seleccionaron los explantes óptimas con dos hojas con un tamaño de 5 cm. Se analizó la producción de brotes y el desarrollo de los brotes (cm). Luego de dos meses los brotes que



resultaron óptimos se llevaron de nuevo a medio MS suplementado con las concentraciones de fitohormonas indicadas en la Tabla 2 para continuar su crecimiento.

#### 3.1.6.2.2 Evaluación de indicadores (variables)

Se evaluó al cabo de 5 días después de haberse iniciado la incubación; se determinó el tamaño del explantes (cm), el número de brotes y el tamaño de la raíz.

Al cabo de 10 días se evaluó si el explante era óptimo para su propagación por triplicado y su posterior estudio, teniendo en cuenta el tamaño, estado de la raíz y la cantidad de brotes.

### 3.2 Técnicas para el procesamiento de la información

Se utilizaron pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para determinar la concordancia para el Análisis de Varianza. Se realizaron pruebas de comparación de medias de tratamiento de Tukey ( $p=0,05$ ). El análisis de datos de los bioensayos, se realizó con el programa Infostat.

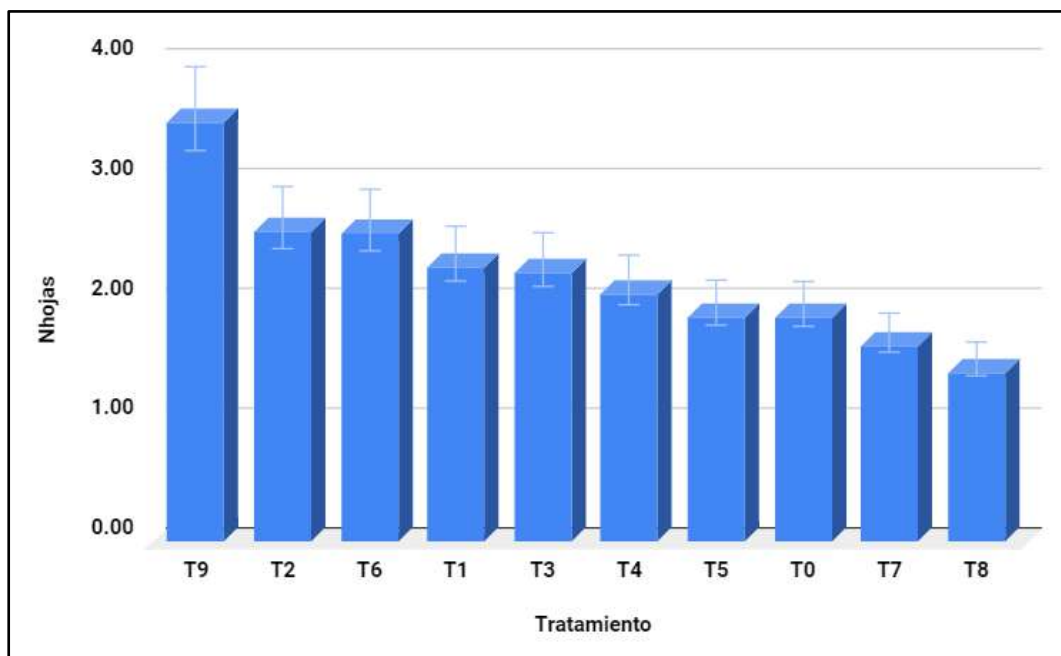
## Capítulo IV. Resultados

### 4.1 Efecto de los reguladores de crecimiento en la fase de inicio

La figura 2 muestra que con el tratamiento T9 (AG<sub>3</sub> 1,5 ppm) se obtuvo la mayor cantidad de hojas en comparación al control, siguiendo en mayor número de hojas T2 (IBA 1,0 ppm) y T6 (AIA 1,5 ppm), respecto al control.

#### **Figura 2**

*Resultados de los tratamientos sobre la cantidad promedio de hojas de la papa variedad Bicentenario en la evaluación*



Tratamientos: T1= IBA [0,5 ppm], T2 =IBA [1,0 ppm], T3=IBA [1,5 ppm], T4=AIA [0,5 ppm], T5=AIA [1,0 ppm] T6=AIA [1,5 ppm], T7=AG3 [0,5 ppm], T8=AG3 [1,0 ppm], T9=AG3 [1,5 ppm], T0 (control).

La tabla 3 muestra el ANOVA para la cantidad de hojas donde se aprecia que existieron efectos significativos ( $p < 0,05$ ) para los tratamientos y el error de muestreo, por lo que el sub muestreo fue eficaz para reducir la magnitud de la variabilidad del error. El coeficiente de variabilidad alcanzó el valor de 18,16% y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) 0,61.

**Tabla 3**

*Análisis de Varianza para la cantidad de hojas de la papa variedad Bicentenario*

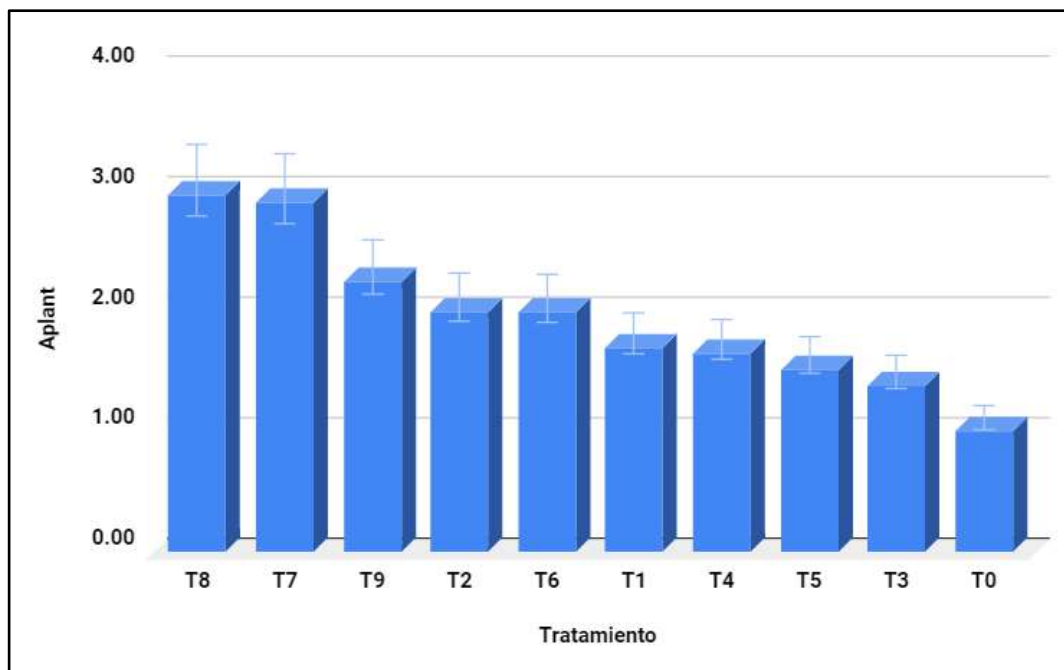
F.V.	SC	GL	CM	Fc	p-valor	CV %	R <sup>2</sup>
Tratamientos	21,22	9	2,36	15,44	0,0000*	18,16	0,61
<i>Error muestral</i>	16,94	73	0,23	1,52	0,0156*		
Error Experimental	23,98	157	0,15				
Total	62,13	239					

FV: Fuentes de variación; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrados medios CV%: Coeficiente de variación; R2: Coeficiente de determinación; \* Valores en negrita fueron significativos para los CM ( $p < 0,05$ )

La figura 3 nos deja ver que el Tratamiento 8 con 1 ppm de AG3 y el tratamiento T7 con 0,5 ppm de AG<sub>3</sub>, tuvieron más altura de planta en comparación al control T0.

**Figura 3**

*Resultados de los tratamientos sobre la altura de planta de la papa variedad Bicentenario durante la evaluación*



Tratamientos: T1= IBA [0,5 ppm], T2 =IBA [1,0 ppm], T3=IBA [1,5 ppm], T4=AIA [0,5 ppm], T5=AIA [1,0 ppm] T6=AIA [1,5 ppm], T7=AG3 [0,5 ppm], T8=AG3 [1,0 ppm], T9=AG3 [1,5 ppm], T0 (control).

La tabla 4 nos deja ver que el ANOVA para la altura de planta donde se aprecia que existieron efectos significativos ( $p < 0,05$ ) para los tratamientos y el error de muestreo no fue significativo estadísticamente. El coeficiente de variabilidad (%CV) alcanzó el valor de 26,6% y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) 0,53.

**Tabla 4**

*Análisis de Varianza para altura de planta de la papa variedad Bicentenario*

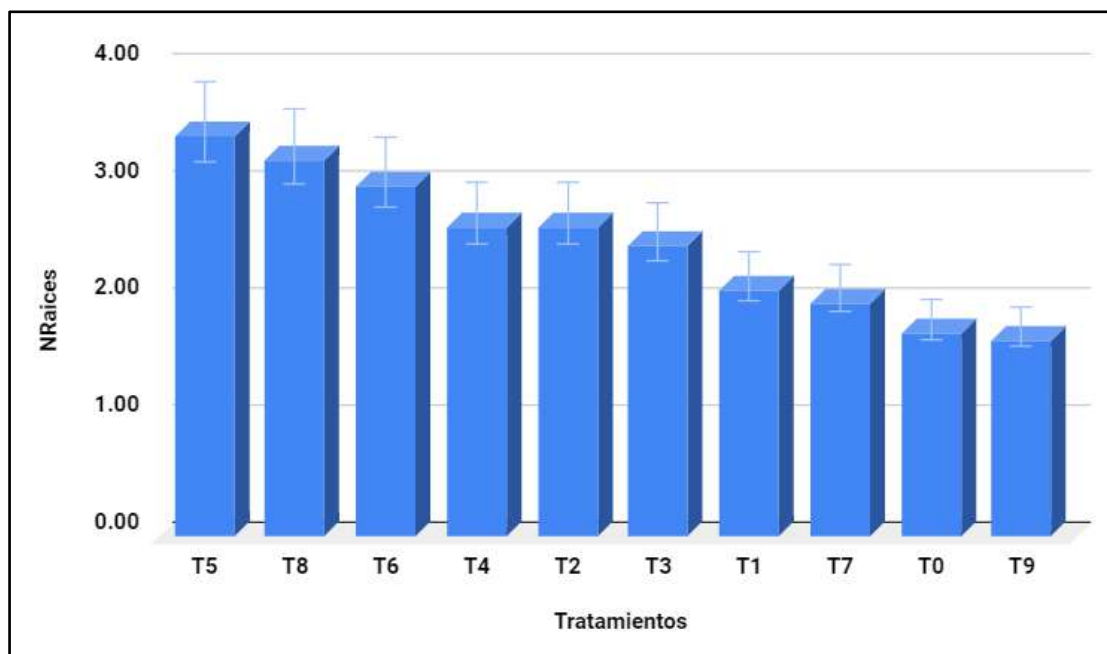
FV	SC	GL	CM	Fc	p-valor	CV %	R <sup>2</sup>
Tratamientos	23,81	9	2,65	9,73	0,000*	26,6	0,53
Error muestral	26,35	73	0,36	1,33	0,070		
Error Experimental	44,03	162	0,27				
Total	94,18	244					

FV: Fuentes de variación; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrados medios CV%: Coeficiente de variación; R2: Coeficiente de determinación; \* Valores en negrita fueron significativos para los CM ( $p < 0,05$ )

La figura 4 nos demuestra que el Tratamiento 5 (T5) con 1 ppm de AIA y el Tratamiento 8 (T8) con 1 ppm de AG<sub>3</sub>, obtuvieron mayor número de raíces a comparación del control T0.

**Figura 4**

*Resultados de los tratamientos sobre la cantidad de raíces de la papa variedad Bicentenaria en la evaluación*



Tratamientos: T1= IBA [0,5 ppm], T2 =IBA [1,0 ppm], T3=IBA [1,5 ppm], T4=AIA [0,5 ppm], T5=AIA [1,0 ppm] T6=AIA [1,5 ppm], T7=AG<sub>3</sub> [0,5 ppm], T8=AG<sub>3</sub> [1,0 ppm], T9=AG<sub>3</sub> [1,5 ppm], T0 (control).

La tabla 5 se aprecia que el ANOVA para la cantidad de raíces donde se aprecia que existieron efectos significativos ( $p < 0,05$ ) para los tratamientos y el error de muestreo, por lo que el submuestreo fue eficaz para reducir la magnitud de la variabilidad del error. El coeficiente de variabilidad (%CV) alcanzó el valor de 11,97% y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) 0,84.

**Tabla 5**

*Análisis de Varianza para la cantidad de raíces de la papa variedad Bicentenaria*

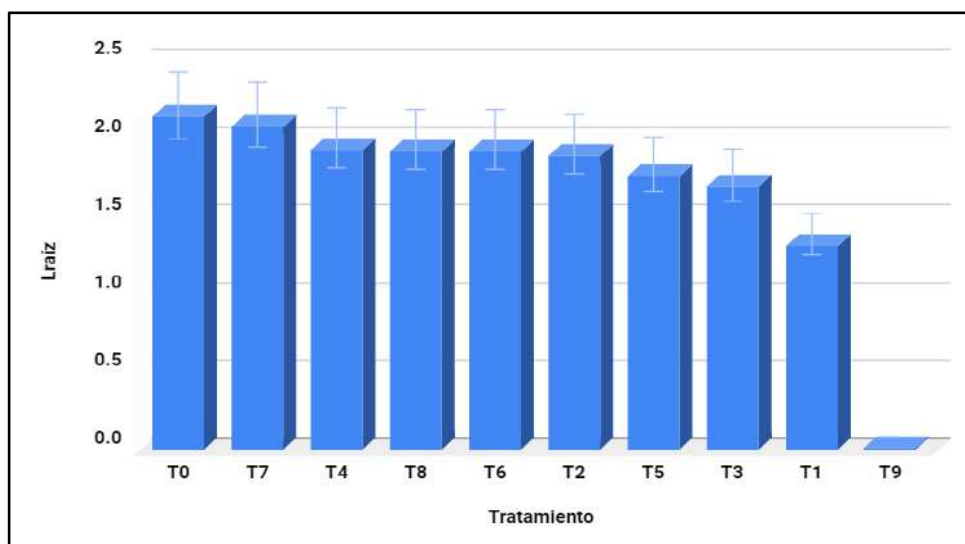
F.V.	SC	GL	CM	Fc	p-valor	CV %	R <sup>2</sup>
Tratamientos	44,83	9	4,98	47,31	0,000*	11,97	0,84
Error muestral	50,25	76	0,66	6,28	0,000*		
Error Experimental	17,79	169	0,11				
Total	112,88	254					

FV: Fuentes de variación; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrados medios CV%: Coeficiente de variación; R2: Coeficiente de determinación; \* Valores en negrita fueron significativos para los CM ( $p < 0,05$ )

La figura 5 nos demuestra que el Tratamiento 0 (T0) donde solo hay medio MS, tuvo más tamaño de la raíz comparado con los otros Tratamientos.

**Figura 5**

*Resultados de los tratamientos sobre la longitud de raíz de la papa variedad Bicentenario durante la evaluación*



Tratamientos: T1= IBA [0,5 ppm], T2 =IBA [1,0 ppm], T3=IBA [1,5 ppm], T4=AIA [0,5 ppm], T5=AIA [1,0 ppm] T6=AIA [1,5 ppm], T7=AG3 [0,5 ppm], T8=AG3 [1,0 ppm], T9=AG3 [1,5 ppm], T0 (control).

La tabla 6 nos deja ver que el ANOVA para la longitud de la raíz donde se aprecia que existieron efectos significativos ( $p < 0,05$ ) para los tratamientos y el error de muestreo, por lo que el sub muestreo fue eficaz para reducir la magnitud de la variabilidad del error. El coeficiente de variabilidad (%CV) alcanzó el valor de 30,81% y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) 0,48.

**Tabla 6**

*Análisis de Varianza para el tamaño de la raíz de la papa variedad Bicentenario*

F.V.	SC	GL	CM	Fc	p-valor	CV %	R <sup>2</sup>
Tratamientos	12,33	9	1,37	4,57	0,000*	30,81	0,48
Error muestral	33,27	76	0,44	1,46	0,023*		
Error Experimental	49,48	165	0,3				

Total	95,08	250
-------	-------	-----

FV: Fuentes de variación; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrados medios CV%: Coeficiente de variación; R2: Coeficiente de determinación; \* Valores en negrita fueron significativos para los CM ( $p < 0,05$ )

#### 4.1 Efecto de las citoquininas en la fase de multiplicación

- Longitud de la raíz por sub cultivo in vitro

La tabla 7 muestra el ANOVA para la longitud de la raíz donde se aprecia que existieron efectos significativos ( $p < 0,05$ ) para los cuadrados medios de los tratamientos, pero no para el error de muestreo en el sub muestreo 1, pero si se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para cuadrados medios del sub muestreo en los sub cultivos 2 y 3.

**Tabla 7**

*ANOVA: Cuadrados medios para la longitud de la raíz por sub cultivo in vitro*

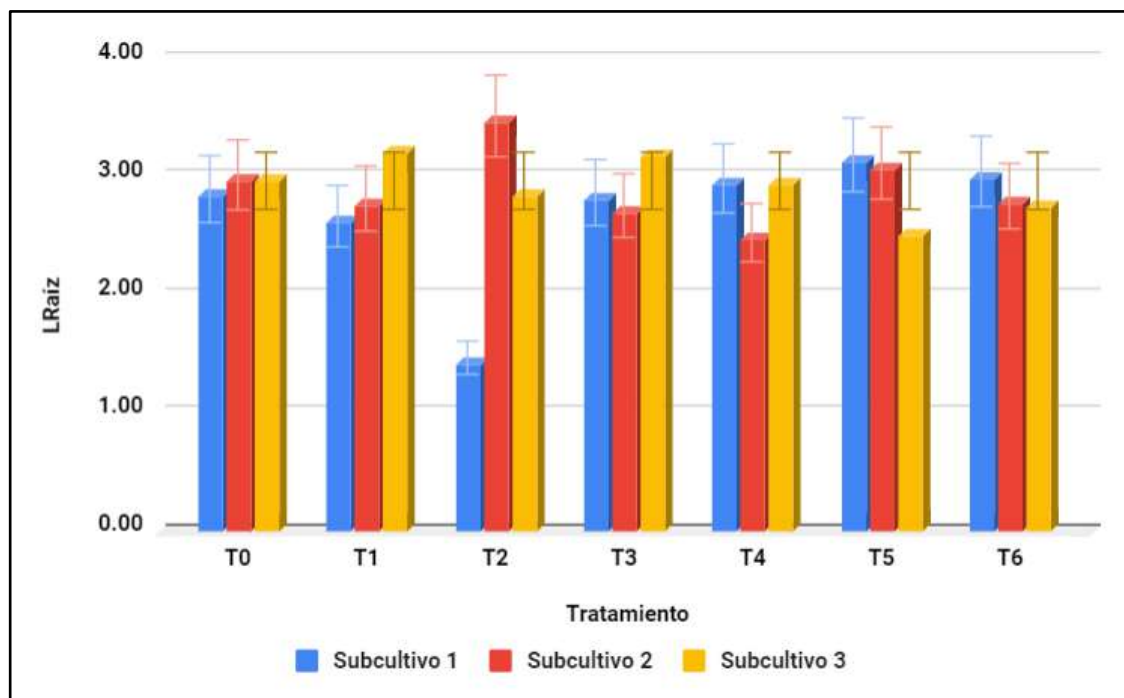
FV	GLibertad	CM1	CM2	CM3
Tratamientos	6	8,92*	3,86*	2,20*
Error muestral	54	1,27	0,84*	0,51*
Error Experimental	209	0,9	0,24	0,13
Total	269			

FV: Fuentes de variación; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrados medios para sub cultivos 1, 2 y 3. \* Valores en negrita fueron significativos para los CM ( $p < 0,05$ )

La figura 6 nos demuestra que el Tratamiento 2 (T2) a 1 ppm de BAP, en el sub cultivo 2 tuvo mayor longitud de raíz a comparación del Tratamiento control.

**Figura 6**

*Efecto de los tratamientos sobre la longitud de raíz de la papa variedad Bicentenario por sub cultivo in vitro*



Tratamientos: T1=BAP [0,5 ppm] T2=BAP [1,0 ppm], T3=BAP [1,5 ppm], T4=KIN [0,5 ppm], T5=KIN [1,0 ppm], T6=KIN [1,5 ppm], T0 control

- Altura de planta por sub cultivo in vitro

La tabla 8 muestra el ANOVA para el tamaño de planta donde se observa que existieron efectos significativos ( $p < 0,05$ ) para los cuadrados medios de tratamientos, pero no para el error de muestreo en el sub muestreo 1, pero si se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para sub muestreo en los sub cultivos 2 y 3.

**Tabla 8**

*ANOVA: Cuadrados medios para la altura de planta por sub cultivo in vitro*

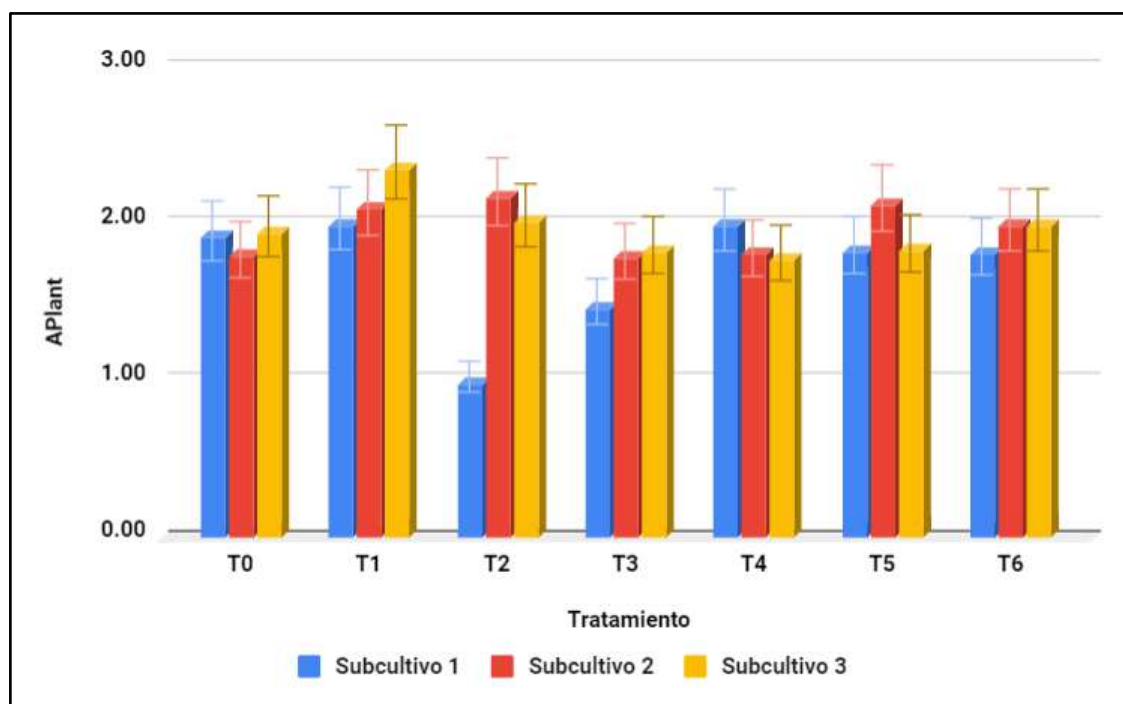
FV	G Libertad	CM1	CM2	CM3
Tratamientos	6	5,11*	1,06*	1,49
Error muestral	54	0,14	0,31*	0,18
Error Experimental	209	0,29	0,13	0,09
Total	269			

FV: Fuentes de variación; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrados medios para sub cultivos 1, 2 y 3. \* Valores en negrita fueron significativos para los CM ( $p < 0,05$ )

La figura 7 nos demuestra que el Tratamiento T1 (0,5 ppm BAP) obtuvo un mayor valor para altura de planta ( $p < 0,05$ ) en comparación con los demás tratamientos, aunque el efecto no fue consistente en los siguientes sub cultivos.

**Figura 7**

*Efecto de los tratamientos sobre la altura de planta de la papa variedad Bicentenario por sub cultivo in vitro*



Tratamientos: T1=BAP [0,5 ppm] T2=BAP [1,0 ppm], T3=BAP [1,5 ppm], T4=KIN [0,5 ppm], T5=KIN [1,0 ppm], T6=KIN [1,5 ppm], T0 control

- Número de brotes por sub cultivo in vitro

La tabla 9 muestra el ANOVA para la cantidad de brotes donde se aprecia que existieron efectos significativos ( $p < 0,05$ ) para los cuadrados medios de tratamientos en los sub cultivos 1 y 2 pero no para el sub cultivo 3. Los cuadrados medios para el error de sub muestreo fueron no significativos en esta variable, excepto en el sub cultivo 2.

**Tabla 9**

*ANOVA: Cuadrados medios del número de brotes por sub cultivo in vitro*

FV	GLibertad	CM1	CM2	CM3
Tratamientos	6	4,74*	1,05*	1,00
Error muestral	54	0,35	0,30*	0,13
Error Experimental	209	0,24	0,15	0,09
Total	269			

FV: Fuentes de variación; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrados medios para sub cultivos 1, 2 y 3. \* Valores en negrita fueron significativos para los CM ( $p < 0,05$ )

La figura 8 nos deja ver que en general, la cantidad de brotes por explante no se incrementó después del segundo sub cultivo. El Tratamiento T5 (1 ppm KIN) y el T2 (1 ppm BAP),

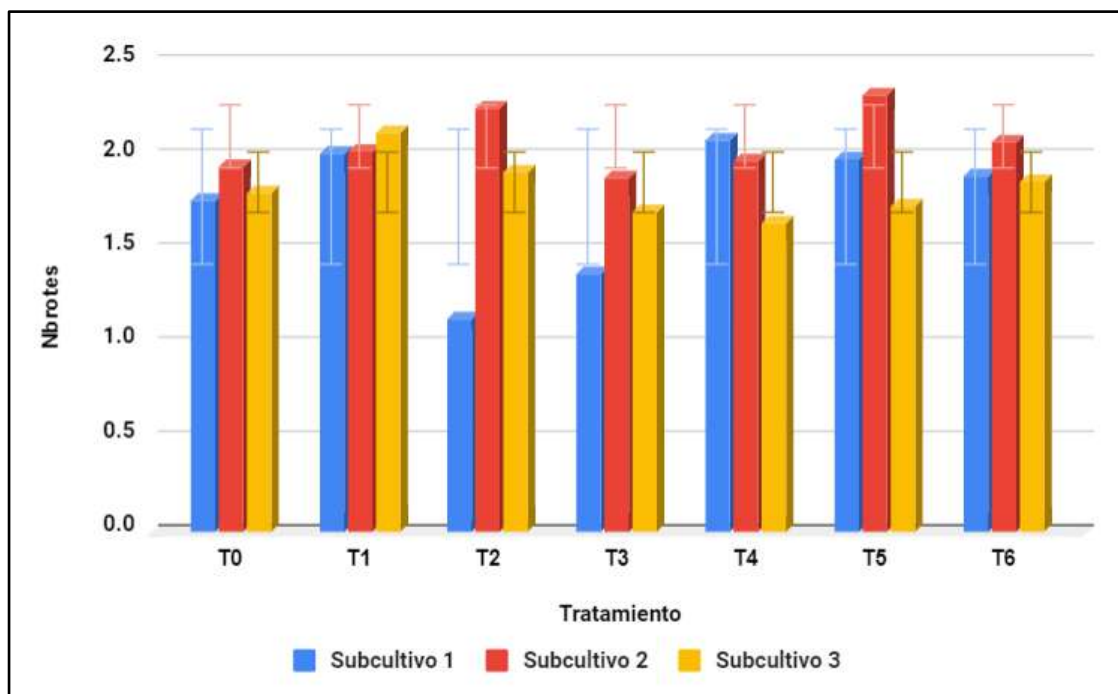


obtuvieron la más elevada cantidad de brotes en comparación a los demás tratamientos en el sub cultivo 2.

El T1 (0,5 ppm BAP) es el único tratamiento con el que se muestra un ligero incremento en la cantidad de brotes después de cada sub cultivo; en los demás tratamientos siempre en el tercer sub cultivo disminuye el número de brotes, lo que puede significar que si se incrementa el número de sub cultivos la tendencia será a disminuir el número de brotes. En el caso del T1 la tendencia es al incremento o a mantener el mismo número de brotes. Esto nos indica que la aplicación de BAP a baja concentración permite incrementar el número de brotes comparados con el T0 tratamiento sin reguladores de crecimiento. Sin embargo, a mayor niveles de BAP la cantidad de brotes mejora en el segundo sub cultivo, pero seguidamente se reduce.

**Figura 8**

*Resultados de los tratamientos sobre la cantidad de brotes de la papa variedad Bicentenaria en la evaluación*



Tratamientos: T1=BAP [0,5 ppm] T2=BAP [1,0 ppm], T3=BAP [1,5 ppm], T4=KIN [0,5 ppm], T5=KIN [1,0 ppm], T6=KIN [1,5 ppm], T0 control

## Capítulo V. Discusión

En la siguiente tesis, se ha evaluado los efectos de los reguladores de crecimiento IBA, AIA y AG<sub>3</sub> en la fase de inicio de la micropropagación de papa variedad Bicentenaria en

condiciones controladas, obteniéndose respuestas a la aplicación de estas fitohormonas en las diferentes fases de desarrollo de las vitroplantas.

La dosis de 1,5 ppm de AG<sub>3</sub> obtuvo la mayor cantidad de hojas bajo el cultivo *in vitro* de la papa variedad Bicentenaria. Al respecto, Gutiérrez (2021) determinó el efecto de la fitohormona AG<sub>3</sub> a 0,5 ppm con el mayor promedio de unidades de hojas por vitroplanta de papas nativas, diferenciándose significativamente en la cantidad de hojas del resto de sus tratamientos, lo cual coincide con los datos resultantes de esta investigación.

Los tratamientos AG<sub>3</sub> con dosis de 0,5 y 1,0 ppm, tuvieron una mayor altura de planta en forma significativa. López (2012) reportó sobre esta fitohormona que el empleo de 0,25 ppm de ácido giberélico en el medio de cultivo permite obtener una diferencia en el parámetro altura de explante, siendo esta concentración menor al hallado en la investigación, aunque se trataba de otro genotipo de papa. Es importante considerar que los factores como temperatura ambiental y el genotipo de las variedades evaluadas, son factores a considerar debido a la existencia de diversas respuestas (García *et al.* 2015).

Los hallazgos encontrados en el trabajo respecto al tratamiento T5 (1 ppm AIA), T8 (1 ppm AG<sub>3</sub>) y T6 (1,5 ppm AIA), fueron obtener el mayor número de raíces en la etapa de inicio. La cantidad promedio de raíces entre estos resultados oscila entre lo encontrado en la investigación y el número de raíces de López-Medina (2019). Sobre las auxinas Sharry *et al.* (2015) indican que tienen un rol esencial en el establecimiento de raíces en las plantas, lo que se asemeja con los resultados de la tesis.

En la fase de inicio, los tratamientos con fitohormonas no tuvieron efecto significativo sobre la longitud de la raíz con respecto al control. Estos datos son parecidos a los de Amador-Alferez *et al.* (2013) los cuales estudiaron a las plantas de *Ferocactus latispinus* se apreció que los explante que provienen del control tuvieron un elevado tamaño de la raíz.

Se hallaron efectos significativos de las citoquininas BAP y KIN en la fase multiplicación de la micropropagación de la variedad de papa Bicentenaria en condiciones controladas.

Los datos del Tratamiento 2 a 1 ppm de BAP, en el sub cultivo 2 tuvo mayor longitud de raíz. Perez *et al.* (2002) obtuvo mejores resultados con el BAP en la multiplicación de *Psidium guajava* L., el que presentó diferencias significativas con los demás tratamientos, los cuales no tuvieron diferencias significativas entre ellos.

El Tratamiento T1 (0,5 ppm BAP) obtuvo un mayor valor para altura de planta, aunque el efecto no fue igual en los otros sub cultivos. Según Montiel-Fausto *et al.* (2016) obtiene

resultados buenos en el cultivo *in vitro* de *Hylocereus monacanthus* con concentración de 1 ppm de BAP, la cual fue la doble de dosis de nuestro estudio.

Los Tratamientos con 1 ppm de KIN y con 1 ppm de BAP, obtuvieron la mayor cantidad de brotes. Lo similar a la incorporación de BAP en el cultivo *in vitro* de *Perezia pinnatifida* la cual fue primordial para propagación de brotes (Olivera-Gonzales *et al.* 2017), parecidos al que en *Chlorophytum borivilianum* (Shekhawat *et al.* 2015). Tambien, en la investigación de Ashrafuzzaman *et al.* (2013) la cantidad máxima de brotes se tuvo con MS+0.5mg/L de BAP. Martinez *et al.* (2012), obtuvo muy buenos resultados con BAP, pero se aprecia una proporción a la formación a la diversidad yemas en la zona de las plántulas, agregando en el medio kinetina. Estos datos resultantes son semejantes con los de Baskaran *et al.* (2005) los cuales tienen similitud de entre el efecto de la kinetina en el aumento de la propagación de yemas múltiples. Estos investigadores mostraron una elevación de la cantidad de brotes con el aumento de las dosis de kinetina, lo que conlleva con los datos resultantes en este estudio.

## Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones

### 6.1 Conclusiones

1. Efecto de los reguladores de crecimiento IBA y AG<sub>3</sub> en la fase de inicio de la micropropagación de papa en condiciones controladas.
  - a. Altura de planta: el mejor tratamiento fue AG<sub>3</sub> en comparación a las auxinas y el control; las dosis más adecuadas para AG<sub>3</sub> fueron de 0,5 a 1,0 ppm

- b. Cantidad de hojas: el óptimo tratamiento fue AG<sub>3</sub> 1,5 ppm seguido por IBA 1,0 ppm y AIA 1,5 ppm
- c. Número de raíces: los mejores tratamientos fueron AIA 1,0 ppm seguidos por AG 1,0 ppm, que superaron ampliamente al control.

2. Efecto de las citoquininas en la fase de multiplicación de la micropropagación de papa en condiciones controladas.

- a. En el primer sub cultivo: La mayor cantidad de brotes se tuvo con BAP 0,5 ppm y KIN 0,5-1,0 ppm. En el tamaño de la planta y de la raíz, los reguladores de crecimiento no superaron al control.

La aplicación de BAP al medio de cultivo a baja concentración ayuda a incrementar la formación de mayor número de brotes en cada sub cultivo, a diferencia del medio de cultivo sin citoquininas, sin embargo, si la concentración de citoquininas se eleva inicialmente, pero con los siguientes sub cultivos se presenta una tendencia a disminuir el número de brotes. En forma similar, baja una dosis de BAP permite incrementar la altura de planta, aunque a mayor concentración de BAP se manifiesta una tendencia a la disminución del tamaño de planta.

- b. En el segundo sub cultivo: Para la altura de planta los mejores tratamientos fueron BAP 0,5 a 1,0 ppm y KIN 1,0 a 1,5 ppm. En número de brotes, los mejores tratamientos fueron BAP 1,0 ppm y KIN 1,0 ppm, y para la longitud de raíz el mejor tratamiento fue BAP 1,0 ppm y KIN 1,0 ppm.
- c. En el tercer sub cultivo: Para altura de planta: el mejor tratamiento fue BAP 0,5 ppm; en cantidad de brotes el más óptimo fue BAP 0,5 ppm y para el tamaño de raíz: el mejor fue BAP 0,5 a 1,0 ppm

3. Establecimiento y propagación de los explantes de papa por medio del proceso de la micropropagación.

Se estableció el protocolo para realizar la micropropagación y se logró propagar los explantes de papa Bicentaria sin contaminación. La aplicación de los reguladores de crecimiento en la fase inicial del cultivo *in vitro* de la variedad de papa Bicentaria permitió el establecimiento adecuado de los explantes, obteniéndose óptimos resultados para incrementar el tamaño de las plántulas y la cantidad de raíces mediante el uso de AG<sub>3</sub> (0,5 a 1,0 ppm).

En la fase de propagación (desarrollo), el mayor tamaño de la plántula y la cantidad de brotes en el cultivo *in vitro* de la variedad de papa Bicentenaria, se obtuvo con la aplicación de BAP (0,5 ppm). Aunque en el primer sub cultivo no hubo respuesta de los reguladores de crecimiento para elongación de la raíz del explante, en el segundo y tercer sub cultivo se puede utilizar una dosis de 0,5 a 1,0 ppm de BAP para lograr este resultado.

## 6.2 Recomendaciones

De la presente tesis se proponen estas recomendaciones:

- En la fase inicial del cultivo *in vitro* de la variedad de papa Bicentenaria se recomienda la adición de giberelinas en el medio de Murashige & Skoog a una dosis de 0,5 a 1,0 ppm; estas concentraciones deben validarse según las características del ambiente dispuesto para la micropropagación.
- En la fase de desarrollo o propagación rápida del micropropagado de la variedad de papa Bicentenaria se recomienda la adición de citoquininas, principalmente bencil amino purina (BAP) en el medio de Murashige & Skoog a una dosis de 0,5 a 1,0 ppm.
- Se recomienda ajustar las dosis indicadas de acuerdo a las condiciones específicas de la multiplicación *in vitro* de papa.

## Capítulo VII. Referencias

Aguirre, G., Baudoin, J.P. y Leigue, L. (Eds). (2016). *Aplicación del Cultivo de Tejidos en la Multiplicación y Conservación de los Recursos Fitogenéticos*. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón. Recuperado de: <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/212904/1/Aguirre%2C%20Baudoin%2C%20Leigue%20UMSS%202016.pdf>

- Amador-Alfárez, K.A., Díaz-Gonzales, J., Loza-Cornejo, S., y Bivian-Castro, E.Y. (2013). Efecto de diferentes reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de dos especies de *Ferocactus* (Cactaceae). *Polibotánica* 35, 109 – 131.
- Anónimo (2010). Introduction to Phytohormones. *The Plant Cell*, 22(3), 1. doi: <https://doi.org/10.1105/tpc.110.tt0310>
- Ashrafuzzaman, M., Faisal, S.M., Yadav, D., Khanam, D., & Raihan, F. (2013). Micropropagation of strawberry (*Fragaria ananassa*) through runner culture. *Bangladesh Journal of Agricultural Research* 38(3), 467 - 472.
- Baskaran, P., Rajeswari, B.R., & Jayabalan, N. (2005). A simple approach to improve plant regeneration from callus culture of *Sorghum bicolor* for crop improvement. *Journal of Agricultural Biotechnology* 1(1), 179-192.
- Burke, J. (2003). *Growing the potato crop*. Dublín, Irlanda: Vita. Recuperado de: <https://www.iverkproduce.com/wp-content/uploads/Growing-the-Potato-Crop.pdf>
- Caillante, R.K. (2017). *Establecimiento de medios de cultivo y tipo de explante en vitroplantas de papa variedad huaycha (Solanum tuberosum sp.) para mejorar los sistemas de producción de semillas* (Tesis de pregrado). Recuperado de: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/13590>
- Calva G., & Pérez, J. (2005). *Cultivo de células y tejidos: Fuente de alimento para el futuro*. Revista Digital Universitaria, 6 (11). Recuperado de: [https://www.revista.unam.mx/vol.6/num11/art104a/nov\\_art104a.pdf](https://www.revista.unam.mx/vol.6/num11/art104a/nov_art104a.pdf)
- Cantero, E. (2014). *Influencia Hormonal en el Uso Eficiente del Agua y en Respuesta al Estrés Abiótico en Tomate (Solanum lycopersicum L.)* (Tesis de doctorado). Recuperado de: <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/39007>
- Camire, M.E., Kubow, S., & Donnelly, D.J. (2009). Potatoes and Human Health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(10), 823 - 840. doi: 10.1080/10408390903041996
- Carrión, A.J. (2017). *Producción de microtubérculos in vitro de papa (Solanum tuberosum L.) en sistema de inmersión temporal y su rendimiento en invernadero* [Tesis de

- pregrado]. Recuperado de:  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2985>
- Castillo, A. (2004). Propagación de plantas por cultivo in vitro: Una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. Las Brujas, Uruguay: AR VITRO, INIA.  
Recuperado de:  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/410/1/111219220807102417.pdf>
- Castillo, K.E. (2013). *Manual electrónico de control de calidad en medios de cultivo y cepas de referencia* (Tesis de pregrado). Recuperado de:  
[https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/qfb/tesis/tesis\\_castillo\\_carranza.pdf](https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/qfb/tesis/tesis_castillo_carranza.pdf)
- Centro Internacional de la Papa (CIP). (16 de mayo de 2022). *Papa*: Centro Internacional de la Papa. Obtenido del Centro Internacional de la Papa:  
<https://cipotato.org/es/potato/>
- Concejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) (2015). *Programa Nacional Transversal de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica de Valorización de la Biodiversidad 2015-2021*. Lima Perú: Servicios Gráficos JMD.  
Recuperado de:  
[http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/92/1/Biodiversidads\\_Concytec\\_2015.pdf](http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/92/1/Biodiversidads_Concytec_2015.pdf)
- Cubero, J. (2003). Introducción a la mejora genética vegetal. España: Mundi-Prensa.
- Davies, P.J. (2004). *Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!*. Países Bajos: Springer Dordrecht. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2686->
- Depuydt, S., & Hardtke, C.S. (2011). Hormone Signalling Crosstalk in Plant Growth Regulation. *Current Biology* 21(9), 365 – 373. doi: 10.1016/j.cub.2011.03.013
- Dharmasiri, S., Jayaweera, T., & Dharmasiri, N. (2013). Plant Hormone Signalling: Current Perspectives on Perception and Mechanisms of Action. *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)* 42(1), 1 - 17. doi: 10.4038/cjsbs.v42i1.5895
- Egúsquiza, B. R. (2000). *La papa. Producción, Transformación y Comercialización. Primera edición*. Perú: International Potato Center.

- Enríquez, J.R., Carrillo, G., Sánchez, P., Rodríguez, M.N., & Mendoza, M.C. (2001). Efectos de los ácidos acetilsalicílico e indolbutírico en el enraizamiento in vitro y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Revista Fitotécnica mexicana*, 24(1): 71 – 78. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/610/61024109.pdf>
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2010). La papa, un alimento con tradición, nutrición y sabor. Guatemala: FAO GDCP/GUA/001/SPA “Altiplano”. Recuperado de: <https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/6/12880327433890/recetariocorregidobajaresolucionfinal.pdf>
- García, J.C., Posada, H.E., Salazar, F.A. (2015). Factores de producción que influyen en la respuesta de genotipos de *Coffea arabica* L. bajo diversas condiciones ambientales de Colombia. *Revista Cenicafé* 66(2), 30-57.
- Gawronska, H., Dwellw, R.B., Pavek, J.J., & Rowe, P. (1984). Partitioning of photoassimilates by four potato clones. *Crop Science* 24, 1031-1036. doi: cropsci1984.0011183X002400060007x
- Gil, A.E. (2021). *Efecto de diferentes concentraciones de sacarosa y de 6 - Bencilaminopurina en la tuberización in vitro de Solanum tuberosum L. var. “Cochacina”, de pulpa de color* (Tesis de doctorado). Recuperado de: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/17904?show=full>
- Gutierrez, L. (2021). *Establecimiento y multiplicación de 10 variedades nativas de papa (Solanum spp) a partir de yemas brotadas en condiciones in vitro* (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- La Torre, B. (2012). *Guía Técnica: “Asistencia técnica dirigida en fertilización en el cultivo de papa*. Cajamarca, Perú: Agrobanco.
- López, G.A. (2019). *Establecimiento in vitro de papa (Solanum tuberosum L.) variedad Purén a partir de meristemos* [Tesis de pregrado, Instituto Zamorano]. Recuperado de: <https://bdigital.zamorano.edu/items/f0a66f1b-dcaf-4dcd-8bae-168906878e41>
- López-Medina, E., Mostacero-León, J., Gil-Rivero, A.E., Lopez-Savaleta, A., De la Cruz-Castillo, A.J. y Villena, L. (2019). Efecto sinérgico del ácido giberélico y del ácido indolacético en la propagación in vitro de *Solanum tuberosum* L. “papa nativa de



- pulpa de color". *Revista de Investigación Científica REBIOL* 39(2), 49 – 57.  
<http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2019.39.02.05>
- Luque, P. y Mareca, R. (2018). Conceptos básicos sobre antisepsia y antisépticos. *Medicina intensiva*, 43(1): 2 – 6. doi: 10.1016/j.medin.2018.11.003
- Maksimov, I.V. & Yarullina, L.G. (2007). Salicylic acid and local resistance to pathogens. S. Hayat y A. Ahmad (Eds.). *Salicylic Acid – A plant hormone* (pp. 323–334). Dordrecht, Holland: Springer. doi: 1-4020-5184-0\_11.
- Martinez, S.J., Gomez, R., Posada, L., Barbon, R., Acosta, M., Reyes, M., Perez, M., Torres, D., Pons, M., Lao, M., Aguilera, A., y Tejeda, M. (2012). Efecto de dos citoquininas, ácido ascórbico y sacarosa en la obtención de plantas in vitro de *Sorghum bicolor* para la formación de callos. *Revista colombiana de biotecnología* 14(2), 101 - 110.
- Montaldo, A. (1984). *Cultivo y Mejoramiento de la papa*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado de:  
<https://repositorio.iica.int/handle/11324/6793>
- Montiel-Fausto, L.B., Enriquez, J.R., y Cisneros, A. (2016). Propagación in vitro de *Hylocereus monacanthus* (Lem.) Britton y Rose. *Biotecnología Vegetal* 16(2), 113 - 123.
- Mora, C.I. (2017). *Producción de minitubérculos de papa de pulpa de colores por la técnica convencional y aeroponía* (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, Sinaloa, México
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for therapid growth and bioassay with tobacco. *Plant Physiology*, 15, 473-479. doi: j.1399-3054.1962.tb08052.x.
- Olivera-Gonzales, P., Espinoza, R., y Tamariz-Angeles, C. (2017). Multiplicación in vitro y embriogénesis somática de *Perezia pinnatifida* (Asteraceae) planta medicinal andina. *Revista Peruana de Biología* 24(3), 323 - 328. doi:  
<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v24i3.13911>
- Oropeza, M. (2012). *Efecto de la composición del medio del cultivo y del fotoperiodo sobre la producción de microtubérculos de papa Solanum tuberosum* (Tesis de pregrado). Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

- Otegui, M.B. (2007). Atlas de Histología Vegetal. Argentina: Editorial Universitaria de misiones. Recuperado de: [https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos\\_digitales/978-950-579-064-7.pdf](https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos_digitales/978-950-579-064-7.pdf)
- Perez, A.T., Nápoles, L., Concepción, O. y Trujillo, R. (2002). Multiplicación In Vitro de brotes de guayaba (*Psidium guajava* L.) var. enana roja cubana EEA 18-40 obtenidos a partir de semillas. *Cultivos Tropicales* 23(3), 57-61.
- Pierik, R. (1990). *Cultivo in vitro de las plantas superiores*. Madrid, España: Mundi Prensa.
- Polo, J.A. (2019). *Evaluación de tres medios de cultivo para la micropropagación de papa (Solanum tuberosum L.) variedad Superchola* (Tesis de pregrado). Universidad politécnica estatal de Carchi, Tulcan, Ecuador.
- Prieto, H., Jordan, M., Barrueto, P. y Cordeiro, M. (2005). *Bioteconología Vegetal*. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/3688>
- Priya, M., Krishna, M. & Balasubramanian, K. (2015). Effects of Plant Growth Regulators and Activated Charcoal on Regeneration and Plantlet Development in Neer Brahmi (*Bacopa monnieri*). *Journal of Academia and Industrial Research*, 4(2): 69 - 74. Recuperado de: <http://jairjp.com/JULY%202015/06%20PRIYA.pdf>
- Quisbert, J. (2019). *Efecto de tres concentraciones de carbón activo y diferentes fuentes de carbono, en multiplicación de vitroplantas de papa imilla negra (Solanum tuberosum L. ssp. andigena)* (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, La paz, Bolivia.
- Roca, W.M. y Mroginski, L.A. (Eds.) (1993). *Cultivo de tejidos en la agricultura: Fundamentos y aplicaciones*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Recuperado de: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/biblioteca/Cultivo\\_de\\_tejidos\\_en\\_la\\_agricultura.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/Cultivo_de_tejidos_en_la_agricultura.pdf)
- Rodríguez-Pérez L. (2010). Ecofisiología del cultivo de la papa. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4 (1), 97-108. doi: rch.2010v4i1.1229.

- Román, M. y Hurtado, G. (2002). *Guía técnica del cultivo de La Papa*. San Salvador, El Salvador: Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal (CENTA). Recuperado de: <http://istphuancane.pe.tripod.com/docs/agrop/papa.pdf>
- Rosario, R. (2019). *Efecto de las diferentes dosis de citoquininas en la multiplicación in vitro en dos variedades de papas amargas Solanum sp.-2019*. [Tesis de pregrado. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo] Recuperado de: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4082>
- Santner, A., Calderon-Villalobos, L.I.A., & Estelle, M. (2009). Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. *Nature Chemical Biology* 5, 301 – 307. doi: <https://doi.org/10.1038/nchembio.165>
- Sharry, S.E., Adema, M., & Abedini, W. (2015). *Plantas de probeta-Manual para la propagación de plantas por cultivo de tejidos in vitro*. Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad de la Plata. Recuperado de: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46738/Documento\\_completo\\_.pdf-PDFA.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46738/Documento_completo_.pdf-PDFA.pdf?sequence=1)
- Shekhawat, M.S., Kannan, N., Manokari, M., & Ravindran, C.P. (2015). In vitro regeneration of shoots and ex vitro rooting of an important medicinal plant *Passiflora foetida* L. through nodal segment cultures. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* 13(2), 209 – 214. Doi: <http://doi.org/10.1016/j.jgeb.2015.08.002>
- Sucojayo, E. (2012). *Producción de plantines de frutilla (fragaria sp.) con la aplicación de enraizadores naturales, en esquejes, bajo ambiente protegido, en la estación experimental de cota cota*. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor San Andrés]. Recuperado de: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/7585>
- Tolentino, E.T. (2019). *Evaluación del efecto de los reguladores de crecimiento en el cultivo In Vitro de la papa amarga ancu (Solanum sp.), como alternativa para su multiplicación* (Tesis de pregrado). Recuperado de: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3497>
- Torres, H. (2002). *Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en el Perú*. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP). Recuperado de: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2002/05/002485-1.pdf>

Wolters, H., & Jurgens, G. (2009). Survival of the flexible: hormonal growth control and adaptation in plant development. *Nature Reviews Genetics* 10, 305–317. doi: <https://doi.org/10.1038/nrg2558>

Yauri, U. (2019). *Evaluación de la micropropagación de plántulas de papa (Solanum tuberosum L.) mediante el sistema autotrófico empleando sustrato y solución nutritiva* (Tesis de pregrado). Recuperado de: <https://repositorio.unh.edu.pe/items/4ca9a819-3540-41cc-937f-7745aca81caa>

## Anexos

ANEXO 1. Distribución del medio de cultivo en los tubos



ANEXO 2. Monitoreo del crecimiento radicular de los explantes de papa



ANEXO 3. Tubos con plántulas de papa variedad Bicentenario con el tratamiento cinco



ANEXO 4. Cantidad de hojas de las plántula en la fase de inicio

Descripción	Tratamiento	Nhojas	n	EE	
CONTROL	T0	1,87	20	0,28	D
IBA 0,5	T1	2,29	25	0,13	C
IBA 1,0	T2	2,59	23	0,20	B
IBA 1,5	T3	2,24	16	0,28	C
AIA 0,5	T4	2,07	29	0,07	C
AIA 1,0	T5	1,88	27	0,23	D
AIA 1,5	T6	2,57	30	0,07	B
AG 0,5	T7	1,63	20	0,23	E
AG 1,0	T8	1,41	27	0,23	E
AG 1,5	T9	3,50	23	0,70	A

ANEXO 5. Altura de planta de la planta en la fase de inicio

Descripción	Tratamiento	Aplant	n	EE	
CONTROL	T0	1,00	20	0,37	F
IBA 0,5	T1	1,70	25	0,17	D
IBA 1,0	T2	2,00	24	0,26	C
IBA 1,5	T3	1,38	18	0,30	E
AIA 0,5	T4	1,65	29	0,10	D
AIA 1,0	T5	1,52	27	0,30	E
AIA 1,5	T6	1,99	30	0,10	C
AG 0,5	T7	2,90	21	0,30	A
AG 1,0	T8	2,97	27	0,30	A
AG 1,5	T9	2,25	24	0,90	B

ANEXO 6. Número de raíces de la planta en la fase de inicio

Descripción	Tratamiento	Nraíces	n	EE	
CONTROL	T0	1,73	23	0,23	F
IBA 0,5	T1	2,10	27	0,19	E
IBA 1,0	T2	2,64	30	0,06	D
IBA 1,5	T3	2,48	27	0,1	D
AIA 0,5	T4	2,64	28	0,06	D
AIA 1,0	T5	3,42	30	0,06	A
AIA 1,5	T6	2,99	30	0,06	C
AG 0,5	T7	2,00	24	0,19	E
AG 1,0	T8	3,21	27	0,19	B
AG 1,5	T9	1,67	9	0,65	F

ANEXO 7. Longitud de raíz de la planta en la fase de inicio

Descripción	Tratamiento	Lraíz	n	EE	
CONTROL	T0	2,14	23	0,39	A
IBA 0,5	T1	1,31	27	0,32	B
IBA 1,0	T2	1,89	30	0,10	A
IBA 1,5	T3	1,69	27	0,18	A
AIA 0,5	T4	1,93	28	0,11	A
AIA 1,0	T5	1,76	30	0,10	A
AIA 1,5	T6	1,92	30	0,10	A
AG 0,5	T7	2,08	23	0,32	A
AG 1,0	T8	1,92	27	0,32	A
AG 1,5	T9	0,01	6	1,18	C

ANEXO 8. Longitud de raíz de la planta en el Subcultivo 1

Descripción	Tratamiento	LRaíz	n	EE	
Control	T0	2,84	40	0,15	A
BAP 0,5	T1	2,61	32	0,17	A
BAP 1,0	T2	1,41	26	0,19	B
BAP 1,5	T3	2,81	34	0,17	A
KIN 0,5	T4	2,93	34	0,16	A
KIN 1,0	T5	3,13	31	0,17	A
KIN 1,5	T6	2,99	29	0,18	A

ANEXO 9. Longitud de raíz de la planta en el sub cultivo 2

Descripción	Tratamiento	Lraíz	n	EE	
control	T0	2,96	39	0,08	C
BAP 0,5	T1	2,76	40	0,08	C
BAP 1,0	T2	3,46	40	0,08	A
BAP 1,5	T3	2,7	39	0,08	C
KIN 0,5	T4	2,47	38	0,08	D
KIN 1,0	T5	3,06	36	0,08	B
KIN 1,5	T6	2,78	38	0,08	C

ANEXO 10. Longitud de raíz de la planta en el subcultivo 3



Descripción	Tratamiento	LRaíz cm	n	EE	
control	T0	2,96	39	0,06	B
BAP 0,5	T1	3,2	39	0,06	A
BAP 1,0	T2	2,84	36	0,06	C
BAP 1,5	T3	3,18	38	0,06	A
KIN 0,5	T4	2,93	39	0,06	B
KIN 1,0	T5	2,51	38	0,06	D
KIN 1,5	T6	2,75	37	0,06	C

ANEXO 11. Altura de planta en el subcultivo 1

Descripción	Tratamiento	APlant	n	EE	
control	T0	1,91	40	0,09	A
BAP 0,5	T1	1,99	33	0,10	A
BAP 1,0	T2	0,98	40	0,09	C
BAP 1,5	T3	1,46	34	0,09	B
KIN 0,5	T4	1,98	36	0,09	A
KIN 1,0	T5	1,82	37	0,09	A
KIN 1,5	T6	1,81	33	0,1	A

ANEXO 12. Altura de planta en el subcultivo 2

Descripción	Tratamiento	Aplant	n	EE	
Control	T0	1,79	39	0,06	B
BAP 0,5	T1	2,09	40	0,06	A
BAP 1,0	T2	2,16	40	0,06	A
BAP 1,5	T3	1,78	39	0,06	B
KIN 0,5	T4	1,8	36	0,06	B
KIN 1,0	T5	2,12	36	0,06	A
KIN 1,5	T6	1,98	38	0,06	A

ANEXO 13. Altura de planta en el subcultivo 3

Descripción	Tratamiento	Aplant	n	EE	
control	T0	1,94	39	0,05	B
BAP 0,5	T1	2,35	39	0,05	A
BAP 1,0	T2	2,01	38	0,05	B
BAP 1,5	T3	1,82	38	0,05	C
KIN 0,5	T4	1,77	39	0,05	C
KIN 1,0	T5	1,83	39	0,05	C
KIN 1,5	T6	1,98	37	0,05	B

ANEXO 14. Número de brotes de la planta en el subcultivo 3

Descripción	Tratamiento	NBrotos	n	EE	
control	T0	1,76	39	0,08	B
BAP 0,5	T1	2,01	31	0,09	A
BAP 1,0	T2	1,13	40	0,08	C
BAP 1,5	T3	1,37	34	0,08	C
KIN 0,5	T4	2,08	34	0,08	A
KIN 1,0	T5	1,98	33	0,08	A
KIN 1,5	T6	1,89	30	0,09	B

ANEXO 15. Número de brotes de la planta en el subcultivo 3

Descripción	Tratamiento	NBrotos	n	EE	
Control	T0	1,94	39	0,06	B
BAP 0,5	T1	2,02	40	0,06	B
BAP 1,0	T2	2,26	40	0,06	A
BAP 1,5	T3	1,88	39	0,06	B
KIN 0,5	T4	1,97	37	0,06	B
KIN 1,0	T5	2,33	36	0,06	A
KIN 1,5	T6	2,07	39	0,06	B

ANEXO 16. Número de brotes de la planta en el subcultivo 3

Descripción	Tratamiento	NBrotos	n	EE	
control	T0	1,8	39	0,05	B
BAP 0,5	T1	2,12	39	0,05	A
BAP 1,0	T2	1,91	36	0,05	B
BAP 1,5	T3	1,7	38	0,05	C
KIN 0,5	T4	1,64	39	0,05	C
KIN 1,0	T5	1,73	39	0,05	C
KIN 1,5	T6	1,86	37	0,05	B