

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

“Establecimiento *in vitro* de un banco de plantas donantes de  
*Solanum tuberosum* Var. Cecilia”

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
INGENIERA AGRÓNOMA

**AUTORA**

CATHERINE LIZZETH SILVA AGURTO

**TUTOR**

Ing. Michel Leiva Mora Dr. C.

**AMBATO – ECUADOR**

**2022**

## **DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD**

“La suscrita, SILVA AGURTO CATHERINE LIZZETH, portadora de cédula de identidad número: 1805358841, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “**ESTABLECIMIENTO *IN VITRO* DE UN BANCO DE PLANTAS DONANTES DE *Solanum tuberosum* VAR. CECILIA**” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas”

.....

**SILVA AGURTO CATHERINE LIZZETH**

## **DERECHOS DE AUTOR**

“Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **“ESTABLECIMIENTO *IN VITRO* DE UN BANCO DE PLANTAS DONANTES DE *Solanum tuberosum* VAR. CECILIA”**, como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniera Agrónoma, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice copia de este informe final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o parte de él”.

.....

**SILVA AGURTO CATHERINE LIZZETH**

**“ESTABLECIMIENTO *IN VITRO* DE UN BANCO DE PLANTAS DONANTES DE  
*Solanum tuberosum* VAR. CECILIA”**

**REVISADO POR:**

.....

**Ing. Michel Leiva Mora Dr. C.**

**TUTOR**

**APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN**

.....

**PhD. PATRICIO NÚÑEZ  
PRESIDENTE TRIBUNAL**

**FECHA**

**02/12/2022**

.....

**Ing. Mg. JORGE DOBRONSKI  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN**

**02/12/2022**

.....

**Ing. RITA SANTANA M. Mg.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN**

**02/12/2022**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por guiarme, darme la sabiduría para alcanzar esta meta y por permitirme llegar a este punto tan importante de mi vida gozando de lo más preciado que tengo: mi familia. Todo esfuerzo tiene su recompensa.

A mis padres Leonardo y Ángela por ser mi pilar fundamental, por su confianza esfuerzo y sacrificio a lo largo de mi carrera, me han enseñado a luchar por mis sueños y a superarme. Son los mejores padres que la vida pudo haberme dado.

A mis hermanos, Stalin, Selena y Fernando quienes me han apoyado y han estado conmigo en todo momento dándome aliento y ánimos para conseguir lo que quiero. A mis sobrinos Dylan y Nicolás quienes han llenado mi vida de alegría con su existencia.

A mi amado hijo Elián, mi corazón eres mi orgullo y mi mayor motivación, has sido tú mi luz durante este arduo caminar, posiblemente ahora no entiendas mis palabras, pero para cuando seas capaz, quiero que sepas que eres todo para mí, eres la razón para levantarme cada día y esforzarme por el presente y el mañana.

Al hombre que me acompañó durante la mayor parte de mi vida universitaria, John, fuiste la persona que siempre estuvo apoyándome en cada decisión, tu ayuda fue fundamental en mi formación, tu amor, paciencia, consejos y entrega me han hecho siempre buscar ser mejor persona. Siempre vivirás en mi mente y corazón.

## AGRADECIMIENTO

A mis padres, por su paciencia, por orientarme y guiar mi camino, agradezco los sabios consejos que han sabido darme en el momento exacto para no dejarme caer y poder enfrentar los momentos difíciles de la vida. Gracias por siempre apoyarme incondicionalmente y sobre todo por su amor, son mi ejemplo de lucha y perseverancia. A mis hermanos, cuñados y sobrinos, por estar siempre conmigo y ayudarme cuando más lo he necesitado.

A mi hijo, por ser mi fortaleza en todo momento, gracias por enseñarme a no rendirme, agradezco cada palabra, cada sonrisa, cada beso y abrazo, porque son esas pequeñas cosas las que me motivan a seguir adelante. John, mi agradecimiento por todos los momentos compartidos, sé que desde el cielo siempre me cuidas y me das fuerzas para continuar.

A la Universidad Técnica de Ambato y de manera especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por abrirme sus puertas y permitirme formarme profesionalmente. A mis docentes por sus enseñanzas y consejos, por cumplir su misión de formar una profesional competitiva, especialmente al Ing. Jorge Dobronski y a la Ing. Rita Santana quienes han influido de manera positiva en mí con sus palabras y acciones.

Al Doctor Michel Leiva Mora, por aceptarme para realizar este proyecto bajo su dirección, por su apoyo y confianza en mi trabajo, por su inigualable capacidad para guiarme y enseñarme lo necesario, y, sobre todo, por su predisposición, disponibilidad y paciencia, lo cual nos ha permitido tener resultados benéficos tanto a nivel científico como personal.

A la Ing. Nataly Solis por su constante apoyo, por facilitarme los medios necesarios para cumplir con las actividades propuestas durante el desarrollo de este proyecto. Al Ing. José Mangui y al Ing. Juan Yáñez por sus consejos, por animarme continuamente a alcanzar esta meta y a superarme.

Al Ing. José Guamán por impartirme sus conocimientos y las bases clave para la culminación exitosa de mi investigación. A mi amiga y compañera de tesis Lisseth, por acompañarme y ayudarme durante los días interminables de trabajo en el Laboratorio.

A mis amigos, en especial a Tatiana, Nayeli, Christian, Esthela, Eduardo, Ángeles, Mijael y Sebastián, por los buenos momentos que hemos compartido, por brindarme su amistad, apoyo y por darme siempre la mano.

Por último, a todos quienes de una u otra manera me apoyaron con palabras de aliento y consejos. Mi eterna gratitud hacia ustedes.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
CAPÍTULO I.....	3
MARCO TEÓRICO .....	3
1.1. Introducción .....	3
1.2. Antecedentes investigativos.....	6
1.3. Categorías fundamentales o marco conceptual.....	8
1.3.1. Generalidades .....	8
1.3.2. Composición nutricional.....	9
1.3.3. Clasificación taxonómica ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) .....	9
1.3.4. Descripción botánica .....	10
1.3.5. Requerimientos edafoclimáticos .....	11
1.3.6. Plagas y Enfermedades .....	11
1.3.7. El cultivo <i>in vitro</i> .....	13
1.3.8. Factores que influyen en el cultivo <i>in vitro</i> de <i>Solanum tuberosum</i> .....	13
1.3.9. Medio de cultivo y hormonas .....	14
1.3.10. Fuentes de carbono.....	15
1.3.11. Latencia de tubérculos .....	15
1.3.12. Inductores de brotación .....	16
1.4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....	17
1.4.1. HIPÓTESIS .....	17
1.4.2. OBJETIVOS .....	18
CAPÍTULO II.....	19
METODOLOGÍA .....	19
2.1. Ubicación del experimento .....	19

2.2.	Características del lugar.....	19
2.3.	Equipos y materiales.....	19
2.3.1.	Material experimental.....	19
2.3.2.	Equipos.....	20
2.3.3.	Materiales.....	20
2.4.	Factores de estudio.....	22
2.4.1.	Objetivo N° 1: Inducir la brotación de yemas a partir de tubérculos. ....	22
2.4.2.	Objetivo N° 2: Establecer <i>in vitro</i> yemas de tubérculos brotados.....	22
2.4.3.	Objetivo N° 3: Multiplicar el número de plantas <i>in vitro</i> . ....	22
2.4.4.	Objetivo N° 4: Inducir el enraizamiento <i>in vitro</i> de plantas de papa multiplicadas.....	23
2.5.	Diseño experimental.....	23
2.6.	Manejo del experimento .....	24
2.6.1.	Objetivo 1. Inducir la brotación de yemas a partir de tubérculos.....	24
2.6.2.	Objetivo 2. Establecer <i>in vitro</i> yemas de tubérculos brotados. ....	27
2.6.3.	Objetivo 3. Multiplicar el número de plantas <i>in vitro</i> . ....	32
2.6.4.	Objetivo 4. Inducir el enraizamiento <i>in vitro</i> de plantas de papa multiplicadas.....	36
2.7.	Tratamientos .....	38
2.7.1.	Objetivo N° 1: Inducir la brotación de yemas a partir de tubérculos. ....	38
2.7.2.	Objetivo N° 2: Establecer <i>in vitro</i> yemas de tubérculos brotados.....	39
2.7.3.	Objetivo N° 3: Multiplicar el número de plantas <i>in vitro</i> .....	40
2.7.4.	Objetivo N° 4: Inducir el enraizamiento <i>in vitro</i> de plantas de papa multiplicadas.....	42
2.8.	Variables respuesta .....	43
2.9.	Procesamiento de la información .....	43
CAPÍTULO III.....		44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		44



<b>3.1. Inducción de la brotación de yemas a partir de tubérculos.....</b>	<b>44</b>
<b>3.1.1. Influencia del etanol y sustratos (TS1 y TS4) sobre la brotación de yemas de tubérculos de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....</b>	<b>44</b>
<b>3.1.2. Influencia del ácido giberélico (AG3) y sustratos (TS1 y TS4) sobre la brotación de yemas de tubérculos de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....</b>	<b>47</b>
<b>3.1.3. Influencia de la cianamida hidrogenada (Dormex) y sustratos (TS1 y TS4) sobre la brotación de yemas de tubérculos de papa <i>Solanum tuberosum</i> Var. Cecilia.....</b>	<b>49</b>
<b>3.2. Establecimiento <i>in vitro</i> de yemas de tubérculos brotados de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....</b>	<b>50</b>
<b>3.2.1. Influencia de las condiciones de iluminación sobre el establecimiento <i>in vitro</i> de yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....</b>	<b>50</b>
<b>3.2.2. Influencia del tipo de auxina sobre el establecimiento <i>in vitro</i> de yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....</b>	<b>54</b>
<b>3.2.2.1. Influencia del ANA sobre el establecimiento <i>in vitro</i> de yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....</b>	<b>54</b>
<b>3.2.2.2. Influencia del AIA sobre el establecimiento <i>in vitro</i> de yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....</b>	<b>57</b>
<b>3.2.2.3. Influencia del AIB sobre el establecimiento <i>in vitro</i> de yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....</b>	<b>60</b>
<b>3.3. Multiplicación del número de plantas <i>in vitro</i>.....</b>	<b>63</b>
<b>3.3.1. Influencia de las fuentes de carbono sobre la multiplicación <i>in vitro</i> del número de plantas de papa <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....</b>	<b>63</b>
<b>3.3.1.1. Influencia de la sacarosa sobre la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....</b>	<b>63</b>
<b>3.3.1.2. Influencia de la fructosa sobre la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de papa <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....</b>	<b>68</b>
<b>3.3.2. Influencia del tipo de auxina sobre la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....</b>	<b>72</b>

3.3.2.1. Influencia del ANA sobre la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	72
3.3.2.2. Influencia del AIA sobre la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	76
3.3.2.3. Influencia del AIB sobre la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	80
3.3.3. Influencia del tipo de giberelina (AG3) sobre la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....	84
3.3.3.1. Influencia del AG3 sobre la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	84
3.3.4. Influencia del tipo de citoquinina sobre la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de papa <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	88
3.3.4.1. Influencia del TDZ sobre la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	88
3.3.4.2. Influencia del 6-BAP sobre la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	92
3.3.4.3. Influencia de la Zeatina sobre la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de papa <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....	96
3.4. Inducción del enraizamiento <i>in vitro</i> de plantas de papa multiplicadas.....	99
3.4.1. Influencia del tipo de auxina sobre el enraizamiento <i>in vitro</i> de plantas multiplicadas de papa <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....	99
3.4.1.1. Influencia del ANA sobre el enraizamiento <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	99
3.4.1.2. Influencia del AIA sobre el enraizamiento <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	102
3.4.1.3. Influencia del AIB sobre el enraizamiento <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	106
CAPÍTULO IV .....	110
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	110
4.1. CONCLUSIONES.....	110

<b>4.2. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>111</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>123</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de <i>Solanum tuberosum</i> L.....	9
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la papa <i>Solanum tuberosum</i> L. ....	10
Tabla 3. Influencia de concentraciones de etanol y sustrato (TS1 y TS4) para la etapa de inducción de la brotación de tubérculos de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	38
Tabla 4. Influencia de concentraciones de AG3 y sustrato (TS1 y TS4) para la etapa de inducción de la brotación de tubérculos de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	38
Tabla 5. Influencia de concentraciones de cianamida hidrogenada (Dormex) y sustrato (TS1 y TS4) para la etapa de inducción de la brotación de tubérculos de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	39
Tabla 6. Influencia de concentraciones de auxinas ANA (Ácido naftalenacético), AIB (Ácido indol butírico) y AIA (Ácido indolacético) para la etapa de establecimiento <i>in vitro</i> de yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....	40
Tabla 7. Influencia de concentraciones de sacarosa y fructosa para la etapa de multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....	40
Tabla 8. Influencia de concentraciones de auxinas ANA (Ácido naftalen acético), AIB (Ácido indol butírico) y AIA (Ácido indol acético) para la etapa de multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....	41
Tabla 9. Influencia de concentraciones de giberelinas AG3 (Ácido giberélico) para la etapa de multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	41
Tabla 10. Influencia de concentraciones de citoquininas TDZ (Thidiazuron), 6-BAP (6-bencilaminopurina) y Z (Zeatina) para la etapa de multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	42
Tabla 11. Influencia de concentraciones de auxinas ANA (Ácido naftalen acético), AIB (Ácido indol butírico) y AIA (Ácido indol acético) para la etapa de enraizamiento <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia.....	42
Tabla 12. Influencia del etanol y sustratos (TS1 y TS4) sobre el número de brotes y longitud de brote en la brotación de yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 21 días. ....	45
Tabla 13. Influencia del ácido giberélico (AG3) y sustratos (TS1 y TS4) sobre el número de brotes y longitud de brote en la brotación de yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 21 días.....	47

Tabla 14. Influencia de la cianamida hidrogenada (Dormex) y sustratos (TS1 y TS4) sobre el número de brotes y longitud de brote en la brotación de yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 21 días. ....	49
Tabla 15. Influencia de las condiciones de iluminación sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta, número de brotes, porcentaje de establecimiento y porcentaje de contaminación en el establecimiento <i>in vitro</i> de yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 15 y 30 días.....	52
Tabla 16. Influencia del ácido naftalenacético (ANA) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta, número de brotes, porcentaje de establecimiento y porcentaje de contaminación en el establecimiento <i>in vitro</i> de yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 15 y 30 días.....	55
Tabla 17. Influencia del ácido indolacético (AIA) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta, número de brotes, porcentaje de establecimiento y porcentaje de contaminación en el establecimiento <i>in vitro</i> de yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 15 y 30 días.....	58
Tabla 18. Influencia del ácido indol butírico (AIB) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta, número de brotes, porcentaje de establecimiento y porcentaje de contaminación en el establecimiento <i>in vitro</i> de yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 15 y 30 días.....	61
Tabla 19. Influencia de diferentes concentraciones de sacarosa sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y porcentaje de contaminación en la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días..	65
Tabla 20. Influencia de diferentes concentraciones de fructosa sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y contaminación en la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días. ....	69
Tabla 21. Influencia del ácido naftalenacético (ANA) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y número de brotes en la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.....	73
Tabla 22. Influencia del ácido indol acético (AIA) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y número de brotes en la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.....	77
Tabla 23. Influencia del ácido indol butírico (AIB) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y número de brotes en la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.....	81

Tabla 24. Influencia del ácido giberélico (AG3) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y número de brotes en la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.....	85
Tabla 25. Influencia del Thidiazuron (TDZ) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y número de brotes en la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.....	89
Tabla 26. Influencia del 6-bencilaminopurina (6-BAP) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y número de brotes en la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.....	93
Tabla 27. Influencia de la Zeatina (Z) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y número de brotes en la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.....	97
Tabla 28. Influencia del ácido naftalenacético (ANA) sobre el número de raíces sumergidas, longitud de raíces sumergidas, número de raíces aéreas y longitud de raíces aéreas en el enraizamiento <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.....	100
Tabla 29. Influencia del ácido indolacético (AIA) sobre el número de raíces sumergidas, longitud de raíces sumergidas, número de raíces aéreas y longitud de raíces aéreas en el enraizamiento <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.....	103
Tabla 30. Influencia del ácido indol-3-butírico (AIB) sobre el número de raíces sumergidas, longitud de raíces sumergidas, número de raíces aéreas y longitud de raíces aéreas en el enraizamiento <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.....	107

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagramas de actividades realizadas para la desinfección de tubérculos de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia, preparación de las soluciones para la inducción de yemas y manejo del ensayo de brotación. ....	26
Figura 2. Diagrama de actividades realizado para la preparación y desinfección de yemas de tubérculos de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia en la fase de establecimiento <i>in vitro</i> . ....	27
Figura 3. Diagrama de actividades realizado para la preparación de medios de cultivo con diferentes concentraciones de auxinas, estudio de las condiciones de iluminación y manejo del ensayo en la cámara de flujo laminar para el establecimiento <i>in vitro</i> de yemas. ....	31
Figura 4. Diagrama de actividades realizado para determinar el efecto de diferentes fuentes de carbono (sacarosa y fructosa) en la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	33
Figura 5. Diagrama de actividades realizado para determinar el efecto de diferentes auxinas (ANA, AIB, AIA), giberelinas (AG3) y citoquininas (TDZ, 6-BAP y ZN) en la multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	35
Figura 6. Diagrama de actividades realizado para determinar el efecto de diferentes auxinas (ANA, AIB, AIA) en la etapa de enraizamiento <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia. ....	37
Figura 7. Tubérculos de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de etanol 0.1% por 15 min (A), 0.3% por 15 min (B), 0.5% por 15 min (C), 0.7% por 15 min (D) y 0.9% por 15 min (E) a los 21 días. ....	46
Figura 8. Tubérculos de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de AG3 1 ppm por 72 horas (A), 3 ppm por 72 horas (B), 5 ppm por 72 horas (C), 7 ppm por 72 horas (D) y 9 ppm por 72 horas (E) a los 21 días. ....	48
Figura 9. Tubérculos de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de cianamida hidrogenada (Dormex) 0.5% por 15 min (A), 1% por 15 min (B), 2% por 15 min (C), 3% por 15 min (D) y 4% por 15 min (E) a los 21 días. ....	50
Figura 10. Yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia establecidas <i>in vitro</i> con tres condiciones de iluminación Oscuridad total (A), luz blanca fluorescente total (B) y 12 horas luz natural + 12 horas oscuridad (C) a los 15 y 30 días. ....	53

<b>Figura 11. Yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia establecidas <i>in vitro</i> con diferentes concentraciones de ANA 1.5 ppm (A), 0.5 ppm (B) y 0.1 ppm (C) a los 15 y 30 días.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 12. Yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia establecidas <i>in vitro</i> con diferentes concentraciones de AIA 1.5 ppm (A), 0.5 ppm (B) y 0.1 ppm (C) a los 15 y 30 días.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 13. Yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia establecidas <i>in vitro</i> con diferentes concentraciones de AIB 1.5 ppm (A), 0.5 ppm (B) y 0.1 ppm (C) a los 15 y 30 días.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 14. Multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de sacarosa 20 g.L<sup>-1</sup> (A), 30 g.L<sup>-1</sup> (B), 40 g.L<sup>-1</sup> (C), 60 g.L<sup>-1</sup> (D) y 80 g.L<sup>-1</sup> (E) a los 14 y 21 días. ....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 15. Multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de fructosa 20 g.L<sup>-1</sup> (A), 40 g.L<sup>-1</sup> (B), 60 g.L<sup>-1</sup> (C) y 80 g.L<sup>-1</sup> (D) a los 7, 14 y 21 días.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 16. Multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de ANA 0.1 ppm (A), 0.25 ppm (B), 0.5 ppm (C), 0.75 ppm (D) y 1 ppm (E) a los 14 y 21 días.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 17. Multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de AIA 0.5 ppm (A), 1 ppm (B), 1.5 ppm (C), 2 ppm (D) y 2.5 ppm (E) a los 14 y 21 días.....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 18. Multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de AIB 0.05 ppm (A), 0.25 ppm (B), 0.5 ppm (C), 0.75 ppm (D) y 1 ppm (E) a los 14 y 21 días.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 19. Multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de AG3 0.15 ppm (A), 0.20 ppm (B), 0.25 ppm (C), 0.30 ppm (D) y 0.35 ppm (E) a los 14 y 21 días.....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 20. Multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de TDZ 1 ppm (A), 2 ppm (B), 3 ppm (C), 4 ppm (D) y 5 ppm (E) a los 14 y 21 días.....</b>	<b>91</b>



<b>Figura 21. Multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de 6-BAP 0.3 ppm (A), 0.4 ppm (B), 0.5 ppm (C), 0.6 ppm (D) y 0.7 ppm (E) a los 14 y 21 días.....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 22. Multiplicación <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de Zeatina 0.05 ppm (A), 0.1 ppm (B), 0.15 ppm (C) y 0.25 ppm (D) a los 14 y 21 días. ....</b>	<b>98</b>
<b>Figura 23. Enraizamiento <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de ANA 0.01 ppm (A), 0.05 ppm (B), 1 ppm (C) y Control (D) a los 14 y 21 días. ....</b>	<b>101</b>
<b>Figura 24. Enraizamiento <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de AIA 0.5 ppm (A), 0.75 ppm (B), 1 ppm (C), 1.25 ppm (D) y 1.50 ppm (E) a los 14 y 21 días.....</b>	<b>105</b>
<b>Figura 25. Enraizamiento <i>in vitro</i> de segmentos nodales de <i>Solanum tuberosum</i> L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de AIB 0.5 ppm (A), 0.75 ppm (B), 1 ppm (C), 1.25 ppm (D) y 1.50 ppm (E) a los 14 y 21 días.....</b>	<b>109</b>

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con la finalidad de evaluar cómo influyen diversos factores en la brotación de tubérculos, establecimiento *in vitro*, multiplicación y enraizamiento *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia, entre los cuales se incluyeron: concentración y tipo de inductor de brotación de yemas. En el establecimiento *in vitro* se analizaron las condiciones de iluminación, concentración y tipo de auxinas. En la fase de multiplicación se analizaron los siguientes factores: el efecto de auxinas, citoquininas, giberelinas, así como el tipo y concentración de fuentes de carbono. En la fase de enraizamiento se determinó el efecto del tipo de auxina y sus concentraciones. Se empleó un diseño completamente al azar en cada experimento. El etanol, AG3 y Dormex brindaron los mejores resultados, tanto para número y longitud de brotes, así como también los días requeridos para la brotación. Las yemas de tubérculos de papa Var. Cecilia se establecieron sin importar la condición de iluminación utilizada. Algunas concentraciones de ANA (0.1 y 0.5 ppm) y AIA (0.1 y 0.5 ppm) incrementaron la altura de las plantas durante la fase de establecimiento *in vitro*, sin embargo, no existieron diferencias estadísticas significativas entre las demás variables. En la fase de multiplicación *in vitro* de segmentos nodales las concentraciones de sacarosa de 20, 30, 40 y 60 g.L<sup>-1</sup> incrementaron el número de hojas, número de nudos y altura de la planta, asimismo la fructosa tuvo un comportamiento similar. Respecto a la concentración y tipo de fitohormonas el ANA (0.1 y 0.25 ppm) y AIB (0.05 y 0.25 ppm) mejoraron la multiplicación *in vitro* de los segmentos nodales, al incrementar el número de nudos y hojas por planta, así como la altura de planta. La concentración de 0.15 ppm de AG3 incrementó el número de nudos y hojas por planta; mientras que, las concentraciones de Zeatina de 0.05, 0.1 y 0.15 ppm incrementaron el número de hojas y brotes, así como la altura de planta. En la fase de enraizamiento *in vitro*, las auxinas ANA (1 ppm), AIA (0.5 ppm) y AIB (0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.50 ppm) incrementaron las raíces aéreas, mientras que las raíces sumergidas prevalecieron con las combinaciones de ANA (0,01 y 0,05 ppm), AIA (0.5 ppm) y de AIB (0.5 ppm). Con los resultados del presente trabajo se logró obtener el primer banco de plantas donantes *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. Variedad Cecilia en el laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato.

**Palabras clave:** Brotación de yemas, enraizamiento, multiplicación, segmentos nodales.

## ABSTRACT

The aim of this investigation was to evaluate the influence of some factors in sprouting of tubers, *in vitro* establishment of bud, and multiplication of vitroplants and *in vitro* rooting of *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia. Concentration and type of bud break inducer was evaluated as well. Light conditions, concentration and type of auxins were analyzed during the *in vitro* establishment of nodal segments. In the multiplication phase, the effect of auxins, cytokinins, gibberellins, as well as the type and concentration of carbon sources were determined. In the rooting phase, the effect of the type of auxin and its concentrations were evaluated. A completely randomized design was used in each experiment. Ethanol, AG3 and Dormex provided the best results, both for number and length of shoots, as well as the days required for sprouting. The buds of potato tubers Var. Cecilia sprout regardless of the lighting condition used. Some concentrations of ANA (0,1 and 0,5 ppm) and AIA (0,1 and 0,5 ppm) increased plant height during the *in vitro* establishment phase, however, there were no statistically significant differences between the other variables. *In vitro* multiplication of nodal segments with sucrose concentrations of 20, 30, 40 and 60 g.L<sup>-1</sup> increased the number of leaves, number of nodes and plant height; likewise, fructose had a similar behavior. Regarding the concentration and type of phytohormones, ANA (0,1 and 0,25 ppm) and AIB (0,05 and 0,25 ppm) improved the *in vitro* multiplication of the nodal segments, by increasing the number of nodes and leaves per plant, as well as the height of plant. The concentration of 0,15 ppm of AG3 increased the number of nodes and leaves per plant; while Zeatin concentrations of 0.05, 0.1 and 0.15 ppm increased the number of leaves and shoots, as well as plant height. In the *in vitro* rooting phase, the auxins ANA (1 ppm), AIA (0,5 ppm) and AIB (0.5, 0.75, 1, 1.25 and 1.50 ppm) increased the aerial roots, while the submerged roots prevailed with the combinations of ANA (0,01 and 0,05 ppm), AIA (0,5 ppm) and AIB (0,5 ppm). According with obtained results, it was possible to obtain the first bank of *in vitro* donor plants of *Solanum tuberosum* L. Variety Cecilia in the Laboratory of Plant Biotechnology at the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Ambato.

**Keywords:** Bud sprouting, rooting, multiplication, nodal segments.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Introducción

La papa *Solanum tuberosum L.* es el cuarto cultivo más importante detrás del arroz, trigo y maíz, este vegetal es indispensable en la dieta por sus proteínas, elevada cantidad de vitaminas, minerales y oligoelementos, y por su baja cantidad de grasas. La parte comestible es el tubérculo, el cual se forma en el extremo de los tallos subterráneos llamados estolones, son utilizados como materia prima industrial para la alimentación animal, humana y como semilla **(Demo et al., 2008)**.

Hoy en día, la papa se cultiva en casi todos los países y es considerada como un alimento elemental de consumo en el mundo; de acuerdo con datos obtenidos por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en el Ecuador en el año 2019 se cultivaron 21.107 hectáreas (ha) obteniendo una producción de 517.655 toneladas métricas (t), alrededor del 81% de la producción ecuatoriana se comercializa para consumo en fresco y el 19% es utilizado por la industria **(INIAP, 2021)**.

La papa puede ser propagada sexualmente a través de semilla botánica conocida como semilla verdadera y asexualmente por medio de tubérculos, este último tipo de propagación es el más utilizado tanto para multiplicación como para producción; aunque el rendimiento de la papa depende de los factores ambientales y métodos de producción, el principal factor que afecta el rendimiento es el uso de tubérculos o semilla; los métodos convencionales de propagación vegetativa frecuentemente están acompañados de patógenos como hongos, virus y bacterias, por lo cual la calidad y rendimiento obtenidos son deficientes **(Altindal y Karadoğan, 2010)**.

En la actualidad las pérdidas económicas se deben principalmente al apareamiento de enfermedades como *Phytophthora infestans* (Mont) que en condiciones favorables puede acabar con el cultivo en dos semanas; debido a que la mayoría de agricultores utiliza la semilla

de la cosecha anterior se genera una acumulación estacional de patógenos que se transmiten por los tejidos, los cuales tienen una elevada capacidad de adaptación, además de producir una degeneración de la semilla, se ha constatado que es difícil encontrar semilla de buena categoría que resista o que esté libre de enfermedades, provocando que la escasez de semilla de calidad sea un factor limitante para la producción de papa en países en desarrollo **(Sunil, et al., 2021)** y **(Robles-Carrión et al., 2016)**.

Durante los últimos años las técnicas de cultivo de tejidos se han popularizado y convertido en medios alternativos de propagación vegetativa de plantas, haciendo evidente un enorme impacto en la agricultura y también en la industria al proporcionar una mayor cantidad de plantas necesarias para satisfacer la creciente demanda mundial **(Cruz-Martín et al., 2007)**. El avance de las ciencias agrícolas ha realizado contribuciones muy significativas y hoy en día se consideran una herramienta indispensable para el desarrollo de una agricultura moderna **(Priyadarshani y Batra, 2017)**.

Esto se debe a que podemos producir una gran cantidad de clones a partir de semillas o explantes, teniendo la posibilidad de seleccionar características deseables, reducir considerablemente el espacio requerido para la ejecución de las pruebas de campo, eliminar las enfermedades de las plantas puesto que se realiza una selección cuidadosa y procedimientos estériles, además de obtener una elevada tasa de multiplicación en un periodo de tiempo más corto **(Khadiga et al., 2009)** y **(Acosta-Suárez et al., 2002)**.

Ventajosamente la papa ha sido uno de los primeros cultivos en beneficiarse de los avances de la Biotecnología, lo que ha permitido resolver problemas prácticos relacionados con el cultivo y su fitomejoramiento. El primer enfoque biotecnológico utilizado para eliminar virus de clones de papa infectados sistémicamente fue posiblemente el cultivo de meristemas y a lo largo de los años esta técnica se ha combinado con éxito con la micropropagación para producir semillas de papa libres de hongos, bacterias y virus; la rápida multiplicación de clones libres de enfermedades mediante micropropagación junto con métodos de propagación convencionales se ha convertido en una parte importante de la producción de semillas en diversos países **(Sunil et al., 2021)** y **(Kosky et al., 2010)**.

Por ello, mediante la utilización de técnicas de propagación *in vitro* se ha logrado una exitosa regeneración de plantas de papa a partir de explantes de diferentes órganos y tejidos

como hojas, tallos, discos de tubérculo y embriones cigóticos inmaduros (**Khalafalla et al., 2010**).

Tomando en cuenta lo antes mencionado, en la presente investigación se propuso obtener un banco de plantas donantes de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a partir de yemas de tubérculos brotados en condiciones controladas de laboratorio, a través de la utilización de técnicas de micropropagación y del manejo del ecosistema *in vitro*, para lo cual se utilizó diferentes concentraciones de inductores de brotación, fitohormonas, agar y fuentes de carbono entre los parámetros más importantes en este proceso fueron el protocolo de desinfección de brotes de los tubérculos y protocolo de siembra de los explantes vegetales, el adecuado seguimiento de estos procedimientos será clave para la fase de multiplicación y enraizamiento *in vitro* de papa *Solanum tuberosum* L.

## 1.2. Antecedentes investigativos

**Igarza et al. (2012)** a través de su artículo titulado “Empleo de métodos biotecnológicos en la producción de semilla de papa” mencionaron que la propagación de papa mediante la técnica de cultivo *in vitro* es ampliamente reconocida a nivel mundial al presentar ventajas como la obtención de material vegetal libre de agentes patógenos, producción de un gran número de plantas en un periodo corto de tiempo, propagación en cualquier época del año, así como también el mantenimiento o mejora del material genético.

**Vespasiano y Campos (2003)** mediante su trabajo de investigación “Carbon sources and their osmotic potential in plant tissue culture: does it matter?” señalaron que el cultivo *in vitro* de tejidos vegetales generalmente demanda de una fuente de carbono incorporada al medio de cultivo, existen numerosas fuentes de carbono siendo la sacarosa una de las más accesibles y utilizadas para este fin, la importancia de las fuentes de carbono radica en que presentan características nutricionales y osmóticas lo cual se ve fuertemente reflejado en la formación y crecimiento de células, tejidos y órganos de las plantas.

**Seabrook (2005)** en su artículo titulado: “Light effects on the growth and morphogenesis of potato (*Solanum tuberosum*) *in vitro*”, señaló que diversos procesos como el crecimiento, formación de tejidos y tuberización de papa *in vitro* dependen en gran medida de la luz, diversas investigaciones concuerdan en que la papa necesita de un fotoperiodo de 16 horas para un desarrollo vegetativo óptimo, un fotoperiodo menor puede producir etiolación.

**Saker et al. (2012)** en su investigación titulada “Selection of an efficient *in vitro* micropropagation and regeneration system for potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Desirée.” manifestaron que el medio de Murashige y Skoog (MS) es el medio más utilizado para el rápido crecimiento de células, tejidos y órganos de las plantas, la adición de mioinositol al medio en cantidades pequeñas de 100 ml/L mejoró el crecimiento celular, los azúcares actúan como fuente de carbono y se utilizan en niveles del 2 al 3% para procesos de micropropagación.

**Wróbel et al. (2017)** en la investigación realizada sobre el efecto de reguladores de crecimiento y etanol en la terminación de la latencia en tubérculos de papa, probaron diferentes concentraciones de citoquininas (kinetina), giberelinas (AG3) y compuestos químicos (tiourea,

daminozida, etanol), demostraron que el ácido giberélico AG3 y el etanol redujeron significativamente la latencia de los tubérculos, sin embargo, la combinación de AG3, tiourea y daminozida fue el tratamiento más eficaz al romper la dormancia en un 82.3% y promover el crecimiento de los brotes hasta en un 93.2% .

**Rabbani et al. (2001)** en la investigación realizada sobre el efecto de reguladores de crecimiento en la multiplicación *in vitro* de papa, mencionan que los reguladores de crecimiento AG3 y BAP mejoraron considerablemente el crecimiento *in vitro*, por lo cual probaron diferentes concentraciones de Ácido giberélico AG3 y 6-bencilaminopurina BAP adicionadas al medio de cultivo, demostraron que la dosis de 2 mg.L<sup>-1</sup> de AG3 + BAP permitió obtener un aumento significativo de brotes axilares, mientras que una dosis de 4 mg.L<sup>-1</sup> de AG3 promovió el incremento de nudos en los brotes de papa.

**Sajid y Faheem (2009)** mediante su artículo titulado “Effect of thidiazuron (TDZ) on *in vitro* micropropagation of *Solanum tuberosum* L. cvs. Desiree and Cardinal” mencionaron que el TDZ agregado al medio de cultivo en concentraciones bajas es una citoquinina más activa que la zeatina al promover el crecimiento vegetal, por lo cual ensayaron diversas dosis de TDZ (10<sup>-10</sup>, 10<sup>-9</sup> o 10<sup>-8</sup> M) adicionadas al medio MS, se evaluaron diversos parámetros y se demostró que esta hormona influyó positivamente en la micropropagación de la papa, incluso en concentraciones bajas se obtuvo una mayor longitud de brotes y raíces, número de nudos y un mayor peso fresco y seco.

**Kumlay y Ercisli (2015)** en su artículo titulado “Callus induction, shoot proliferation and root regeneration of potato (*Solanum tuberosum* L.) stem node and leaf explants under long-day conditions.”, evaluaron diferentes concentraciones y combinaciones de fitohormonas para promover la inducción de callos, proliferación de brotes y formación de raíces usando explantes de nudos y hojas, se demostró que el medio MS suplementado con 3 mg.L<sup>-1</sup> de BAP + 2 mg.L<sup>-1</sup> de ANA registraron un mayor número de callos, adicionalmente los explantes nodales obtuvieron un mayor rendimiento para inducir la callogénesis, durante la proliferación de los brotes el mejor tratamiento fue el que contenía medio MS + 2 mg.L<sup>-1</sup> de BAP + 0.25 mg.L<sup>-1</sup> de AG3 y durante la fase de enraizamiento los tratamientos compuestos por medio MS + 1 mg.L<sup>-1</sup> de AIB + 1 mg.L<sup>-1</sup> de AG3 y 1 mg.L<sup>-1</sup> de ANA + 0.1 mg.L<sup>-1</sup> de AG3 promovieron la inducción de raíces en un menor tiempo, así como también un mayor porcentaje de enraizamiento, número y longitud de raíces.



### 1.3. Categorías fundamentales o marco conceptual

#### 1.3.1. Generalidades

La papa *Solanum tuberosum* L. es una planta herbácea tuberosa que aporta una alta cantidad de carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales, considerada como el cuarto alimento más consumido a nivel mundial detrás del arroz, trigo y maíz. A nivel mundial los países con mayor extensión de papa cultivada es China con 3.5 millones ha/año seguida de Rusia con 3.4 millones ha/año y Ucrania con 1.6 millones ha/año. Por otro lado, en Ecuador se estima que se cultivan alrededor de 66000 ha/año con un rendimiento promedio de 14 t/ha, obteniendo un redito económico de 60 millones de dólares anualmente, considerándola como una de las principales fuentes de ingreso económico y alimenticio para alrededor de 42000 familias primordialmente en las zonas altas con un consumo promedio per cápita de entre 122 kg/año y 50 kg/año en dependencia de la región y su forma de consumo (**Basantes et al., 2020**).

La papa tiene una alta diversidad genética y ha sido descrita desde el año de 1538 por Pedro Cieza de León como un cultivo silvestre que los indígenas de las tierras altas de los Andes de América del Sur denominaban papa, principalmente en los valles del Cuzco y Quito. Sin embargo, existe demostración arqueológica que la cultura Inca y Tiahuanaco también cultivaban este tubérculo, mientras que su domesticación inicia en el altiplano andino principalmente en las riveras del Lago Titicaca hace aproximadamente 7000 y 10000 años (**Maddela et al., 2015**). Su ingreso a Europa inició en el año de 1554 desde Perú hacia España repartiéndose hacia Inglaterra años posteriores y en 1610 ya era considerada como planta ornamental en los Países Bajos, no obstante, inicialmente a la papa se le adjudicó problemas nutricionales y de salud en el humano. Mientras que Antoine Parmentier y Henry Doyle aportaron investigaciones fundamentado el aporte nutricional y agronómico de este tubérculo (**INIAP, 2021**).

La diversidad de especies de papa inició con forma diploide y su diversificación se produjo por hibridación, el INIAP en el año de 1994 realizó una colección de 400 tipos de papas entre *S. andigena* y *S. phureja*, actualmente esta colección superó los 550 tipos adicionando las especies *S. chaucha* y *S. stenotomum*, mientras que en el país se siembran 30 variedades entre las más importantes: Super chola, Cecilia, Unica, INIAP Friepapa, etc., repartidas entre las

provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay y Loja (INIAP, 2002).

### 1.3.2. Composición nutricional

El tubérculo de la papa contiene la mayoría de los nutrientes necesarios para cubrir los requerimientos humanos, está compuesto en su mayoría por carbohidratos principalmente almidón (amilosa y amilopectina) y menor proporción por fructosa, glucosa y sacarosa aportando con 88 kcal/100 g de papa de energía (EFSA, 2010). Mientras el valor proteico que aporta este alimento varía entre 1.8 y el 2.9 (Urrego et al., 2012).

**Tabla 1.** Composición nutricional de *Solanum tuberosum* L.

	Por 100 g de porción comestible
<b>Energía (Kcal)</b>	88
<b>Proteínas (g)</b>	2,5
<b>Lípidos totales (g)</b>	0,2
<b>Hidratos de carbono (g)</b>	18
<b>Fibra (g)</b>	2
<b>Agua (g)</b>	77,3

**Fuente:** (EFSA, 2010)

### 1.3.3. Clasificación taxonómica (*Solanum tuberosum* L.)

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el vegetal más producido y consumido en el mundo, es originaria de Los Andes, en la actualidad ocupa el cuarto lugar entre los cultivos de mayor producción a nivel mundial, su rendimiento está determinado mayormente por el desarrollo de la superficie foliar, factores abióticos y bióticos, variedad y manejo (Jerez y Martín, 2012).

**Tabla 2.** Clasificación taxonómica de la papa *Solanum tuberosum* L.

TAXONOMÍA	
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Solanales
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Género</b>	Solanum
<b>Especie</b>	<i>Solanum tuberosum</i> L.

**Fuente:** (Jerez y Martín, 2012)

#### 1.3.4. Descripción botánica

**Rodríguez (2010)** mencionó que las plantas de papa *Solanum tuberosum* L. pertenecen a la familia de las solanáceas, son dicotiledóneas herbáceas, anuales, las cuales se encuentran conformadas por las siguientes partes:

**Raíces:** se trata de un sistema radical fibroso, que se origina de los primordios radicales ubicados en los brotes que emergen del tubérculo madre.

**Tallos:** los tallos aéreos se originan del tubérculo madre, son de color verde pardo y alcanzan de 0,6 a 1 metro de altura.

**Estolones:** son tallos que se originan de las yemas axilares de los nudos de los tallos subterráneos principales.

**Tubérculos:** son tallos originados de los estolones, se consideran tallos de almacenamiento.

**Hojas:** las hojas son compuestas, alternas y se encuentran insertadas en los nudos del tallo dispuestas a manera de espiral, el raquis es la parte central de la lámina, en donde se desarrollan los folíolos y pseudoestípulas.

**Inflorescencias:** las flores son bisexuales, poseen cáliz, corola, androceo y gineceo, las cuales forman inflorescencias cimosas.

**Frutos:** los frutos son bayas formadas por numerosas semillas utilizadas para la reproducción sexual.

### 1.3.5. Requerimientos edafoclimáticos

La papa es una planta que requiere idealmente de un clima templado con temperaturas promedio de entre 14 a 20 °C, cuando las éstas son superiores a los 30 °C e inferiores a los 10 °C son perjudiciales para el desarrollo óptimo de los tubérculos. Este cultivo no tiene la capacidad de tolerar las sequías, por ello, es indispensable mantener una humedad relativa que oscile entre el 80 y 85 % principalmente en la etapa de tuberización. La altitud óptima para su desarrollo es de 2600 a 3600 msnm. En cuanto al tipo de suelo presenta un buen crecimiento en suelos de textura franco-arcillosa, que sean profundos con buen drenaje, con un pH de 5,2 a 6,4 y con un contenido alto de materia orgánica (**Vignola et al., 2017**).

### 1.3.6. Plagas y Enfermedades

#### Plagas

De acuerdo con (**Aldás, 2012**) y (**Cevallos y Mantilla, 2008**), investigaciones realizadas describen que las principales plagas que atacan al cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. son:

**Gusano Blanco (*Premnotrypes vorax* Hustache):** Este insecto se alimenta desde el borde de las hojas jóvenes, hacen perforaciones en la base del tallo dañando los tejidos vasculares e impidiendo el paso de la sabia elaborada, también se alimentan del tubérculo cuando se encuentran en la superficie del suelo evitando que el tubérculo pueda servir como semilla. El control se realiza antes de la floración con aplicaciones de Acefato y Profenofos puesto que la plaga es más susceptible en tiempos de floración entre 20 – 50% del cultivo.

**Gallina Ciega (*Phyllophagas* sp.):** El daño de esta plaga se presenta en la semilla y en el tallo presentando síntomas al momento de nacer la planta pues la plaga de manera desarrollada puede acabar con la totalidad del cultivo por lo que el control se debe hacer con aplicaciones de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* (Bals.) o bacterias como *Bacillus popilliae* Dutky. para que su control sea desde el ciclo larval.

**Nematodo del quiste (*Globodera pallida* (Stone) Behrens):** Son nematodos microscópicos y cilíndricos por lo general se encuentra en el suelo y agua, los síntomas se presentan en las raíces y en los tubérculos se observan pequeños bultos de color crema del tamaño de un grano de azúcar. La medida preventiva que se debe tomar es la eliminación de plantas trampa como el chocho (*Lupinus* spp.) y sobre todo malezas de hoja ancha.

**Mosca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood):** Esta plaga es causante de virus de enrollamiento de la hoja, la enfermedad se transmite por el uso de semillas extraídas de plantas enfermas y por ende producirá semillas enfermas. La mosca blanca de diámetro de 1 a 2 mm de longitud es caracterizada por su resistencia a insecticidas por lo que cuando se presenta en la etapa inicial de desarrollo es recomendable eliminar todas las plantas de dicho estado y el control químico se realiza mediante el uso de insecticidas sistémicos.

## **Enfermedades**

De acuerdo con (Yupangui, 2016) y (Montesdeoca et al., 2012), investigaciones realizadas describen que las principales enfermedades que atacan al cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. son:

**Lancha negra, tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont)):** Esta enfermedad se presenta en el tejido vegetal con colores verdes claros en los bordes y colores grises en el centro, al mismo tiempo los tallos toman el color café claro debido al daño vascular que produce *P. infestans* (Mont), si no se controla a tiempo puede acabar con el cultivo por lo que es recomendable utilizar fungicidas de contacto al inicio de las lluvias.

**Costra negra (*Rhizoctonia solani* Kunh):** Este hongo está localizado en la planta de papa, restos de cultivo e incluso en el suelo, los síntomas de esta enfermedad se presentan en el

cuello con un color negro, cubierto de lanas blanquecinas, además en la cáscara del tubérculo se presentan costras semejantes a la tierra las mismas que presentan complicaciones como desigualdad en la nacencia hasta la muerte de los brotes jóvenes y su control es a base de Iprodione, Amistar o Carboxin cuando la semilla no está muy afectada.

**Pudrición seca (*Fusarium* spp.):** Esta enfermedad deteriora los tejidos internos del tubérculo en forma de anillos para luego ser endurecido, sobre las pudriciones se presenta un micelio blanco que luego tomará una apariencia rosada. Para evitar la contaminación de *Fusarium* se debe realizar rotación de cultivos, evitar la acumulación de aguas estancadas y clasificar la semilla antes de ser almacenada.

**Sarna común (*Streptomyces scabies* (Thaxter)):** Esta enfermedad provoca el daño de las raíces fibrosas además presenta lesiones superficiales como manchas profundas y cóncavas que varían entre los 10 mm por lo que es recomendable la rotación de cultivos, además se debe evitar los hospedadores previos como zanahoria, nabo, rábano, remolacha y no se debe encalar el terreno antes de la siembra.

### 1.3.7. El cultivo *in vitro*

### 1.3.8. Factores que influyen en el cultivo *in vitro* de *Solanum tuberosum*

**Desinfección de explantes:** Es necesario que los explantes pasen por un proceso de desinfección, entre los desinfectantes más utilizados están el hipoclorito de sodio, etanol, Povydin, Tween 20, el uso de estos dependerá del tipo de explante y manejo del ensayo (Saker et al. 2012) y (Acosta-Suárez et al., 2013).

**Fotoperiodo:** El cultivo de papa es una planta que en el sistema *in vitro* requiere de un fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad, este fotoperiodo es necesario para los procesos fotosintéticos adecuados (Ma et al., 2014). Seabrook (2005) manifestó que cuando las plantas *in vitro* de papa no tienen las condiciones adecuadas de luminosidad pueden sufrir etiolación.

### 1.3.9. Medio de cultivo y hormonas

#### Medio de cultivo

##### Murashige y Skoog (MS)

El medio MS fue formulado inicialmente por Murashige y Skoog en 1962, de ahí su nombre, con la finalidad de optimizar los sistemas de bioensayos en callos. En la actualidad, se utilizan 32 variantes del mismo para la micropropagación (Mena et al., 2015). La formulación consta de una mezcla de nutrientes, sales inorgánicas, vitaminas y aminoácidos; el medio MS provee de todos los macro y microelementos necesarios para la realización de los procesos metabólicos de las especies vegetales. Los microelementos son también necesarios para el crecimiento de las plantas, compuestos como la tiamina, inositol y piridoxina desempeñan el papel de cofactores enzimáticos (Venegas, 2022).

#### Fitohormonas

Las fitohormonas son sustancias de naturaleza química diversa, tienen varias funciones dentro de las células, tejidos y órganos (Morocho y Leiva, 2019). Dentro de las plantas actúan en concentraciones muy bajas y son sintetizadas en diversos lugares, realizando su función en ese mismo lugar u otro diferente; se conocen varios tipos de fitohormonas: auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico, ácido salicílico, poliaminas; ácido jasmónico, brasinoesteroides, etileno y estrigolactonas (Garay-Arroyo et al., 2012).

**Auxinas:** Las auxinas participan en el desarrollo de las plantas, a nivel celular, actúan en los procesos de diferenciación de las células, división y elongación (Alvarado et al., 2002). La característica más destacable de esta hormona es que está distribuida entre las células y tejidos, en algunos casos se acumula de manera local ya sea en una célula o grupo de células, así como también en los tejidos vegetales, entre las auxinas más conocidas están el ANA, AIA y AIB (Ljung, 2013) y (Pérez et al., 2013).

**Citoquininas:** Son fitohormonas que tienen la capacidad de inducir la división celular, formación de yemas adventicias, en investigaciones se ha demostrado que las citoquininas

producen un mayor número de ramificaciones, longitud y peso de plantas y concentración de clorofila, entre las más utilizadas en la micropropagación vegetal destacan el 6-BAP, Zeatina, 2iP, Kinetina y Thidiazuron (**Bermúdez et al., 2017**).

**Giberelinas:** tienen la capacidad de acelerar el crecimiento y desarrollo de brotes de manera más rápida, tiene la capacidad de diferenciar las células de las plantas; el AG3 es la giberelina más utilizada (**Bermúdez et al., 2017**).

#### **1.3.10. Fuentes de carbono**

**Sacarosa:** Troncoso et al. (2010) mencionaron que la adición de azúcar en el medio de cultivo es indispensable para el desarrollo de las plantas en los sistemas *in vitro*, puesto que en estas condiciones se presenta un proceso fotosintético deficiente y no se satisfacen las necesidades totales de carbono. Adicionalmente las plantas *in vitro* no son plenamente autótrofas, la concentración de CO<sub>2</sub> no es la adecuada y la iluminación puede ser insuficiente, por ello la sacarosa es una fuente de carbono que satisface las necesidades de las plantas *in vitro* (**Pérez-Torres et al., 2018**).

**Fructosa:** La fructosa es un azúcar simple similar a la glucosa, presenta un grupo ceto unido al carbono 2 de la molécula, los productos principales de su metabolismo son glucógeno, piruvato, glucosa y lactato y en menor cantidad el dióxido de carbono (**Pérez et al., 2007**), la adición de la fructosa como fuente de carbono, incrementó el número de hojas, número de nudos y altura de planta (**Taha et al., 2013**).

#### **1.3.11. Latencia de tubérculos**

La latencia es un estado fisiológico caracterizado por un período durante el cual no se produce un crecimiento autónomo de los brotes, incluso en condiciones óptimas, este periodo comienza desde la iniciación hasta el momento en que se produce la brotación (**Pandey et al. 2007**).



**Fisiología de la latencia y brotación:** existen tres tipos de latencia descritas para la papa (Aksenova et al., 2013).

- **Endodormancia:** ocurre después de la cosecha, debido al estado interno o fisiológico del tubérculo. En esta situación, incluso si los tubérculos son colocados en condiciones favorables para el desarrollo de brotes, estos no brotarán.
- **Ecodormancia:** se denomina cuando las condiciones ambientales previenen o retrasan la brotación.
- **Paradormancia:** la señal fisiológica de la latencia se origina en un área diferente de la planta de donde ocurre la latencia como la dominancia apical. Cabe recalcar que algunas variedades tienen una paradormancia más fuerte que otras.

**Desarrollo de la edad fisiológica:** Los tubérculos de papa atraviesan distintos procesos para llegar a la brotación (Caldiz et al., 2001; Aksenova et al., 2013).

- **Incubación:** se define como el período entre el inicio de la brotación del tubérculo y la tuberización durante el almacenamiento en condiciones de oscuridad a una temperatura promedio de 15 a 20 °C y una humedad relativa entre 90 a 95%.
- **Senectud:** en esta fase ocurren una serie de cambios metabólicos que conducen a la degeneración celular y, en ocasiones, comienza la muerte celular programada.
- **Dominancia apical:** La dominancia apical es un fenómeno fisiológico caracterizado por la presencia de una yema dominante sobre las demás, es decir suprimiendo la brotación de otras yemas. La yema supresora está en el extremo apical del tubérculo, que es la yema más alejada de donde el tubérculo estaba unido a la planta.

### 1.3.12. Inductores de brotación

**Etanol:** es un compuesto químico utilizado para diversos fines, un estudio realizado para inducir la brotación de yemas en microtubérculos de *Solanum tuberosum* expone que la aplicación de etanol ocasiona el aumento de los niveles de NADH a través de la actividad de alcohol deshidrogenasa (ADH), conllevando a un incremento de la carga redox catabólica (CRC). El aumento de la CRC puede ser la señal que bloquea el almacenamiento y la actividad

relacionada con el ciclo celular en el tejido del tubérculo, mediante la regulación a la baja del almacenamiento y la expresión génica relacionada con el ciclo celular. Esto, a su vez, conduce a una redirección del flujo de sacarosa hacia la yema apical, donde aumentan los niveles de sacarosa. El aumento de los niveles de sacarosa en la yema apical posteriormente puede ser responsable de la inducción local de la actividad del ciclo celular. El efecto inhibitorio de ABA sobre el crecimiento de las yemas apicales es aparentemente posterior a los efectos del etanol sobre la expresión génica. La hormona GA rompe la latencia al actuar sobre procesos en la yema apical (Claassens et al., 2005).

**AG3:** es una hormona vegetal que posee la capacidad de mitigar la latencia y mejorar la brotación de los tubérculos de papa (Barani et al., 2013), acelerar el crecimiento y desarrollo de las yemas de los tubérculos, induciendo la aparición de brotes de manera más rápida (Rehman et al., 2003).

**Cianamida hidrogenada:** es una sustancia perteneciente a los nitrilos clásicos, tiene la capacidad de penetrar fácilmente la corteza del material vegetal, induciendo la hidrólisis de las proteínas de almacenamiento y carbohidratos (Amberger, 2013) y (Leiva-Mora et al., 2010).

## 1.4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

### 1.4.1. HIPÓTESIS

**H<sub>0</sub>:** Mediante el establecimiento de yemas brotadas en el medio de cultivo MS no se podría conformar un banco de plantas donantes de papa variedad Cecilia *in vitro*.

**H<sub>1</sub>:** Mediante el establecimiento de yemas brotadas en el medio de cultivo MS se podría conformar un banco de plantas donantes de papa variedad Cecilia *in vitro*.

## **1.4.2. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Establecer *in vitro* un banco de plantas donantes de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a partir de yemas de tubérculos brotados.

### **Objetivos específicos**

1. Inducir la brotación de yemas a partir de tubérculos.
2. Establecer *in vitro* yemas de tubérculos brotados.
3. Multiplicar el número de plantas *in vitro*.
4. Inducir el enraizamiento *in vitro* de las plantas multiplicadas.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1. Ubicación del experimento**

La investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, ubicado en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua.

#### **2.2. Características del lugar**

Para la obtención de un banco de plantas donantes de papa variedad Cecilia se utilizará el Laboratorio de Biotecnología, ubicado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato en el sector el Tambo, perteneciente al cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Se encuentra localizado a 2850 msnm, las coordenadas geográficas son: 01° 24' 27" de latitud Sur y 78° 35' 00" de longitud al Oeste, ubicado a 19,31 km, al Sureste de Ambato.

#### **2.3. Equipos y materiales**

##### **2.3.1. Material experimental**

El material experimental está constituido por tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

### 2.3.2. Equipos

- Autoclave (MIDMARK).
- Balanza analítica (OHAUS – Pioneer™).
- pH metro (BANTE 900).
- Destilador de agua (DIRECT – Q / MILLOPONE).
- Microondas (PANASONYC).
- Cabina de flujo laminar (PURIFIER™ - MAGELLAN).
- Refrigeradora (INDURAMA).
- Micropipetas (THERMO SCIENTIFIC).

### 2.3.3. Materiales

- Tubérculos de papa variedad Cecilia.
- Sustrato TS4 (KLASMANN).
- Sustrato TS1 (KLASMANN).
- Bandejas (4 L).
- Tubos de ensayo (20 mm\*150mm) (25mm\*250mm).
- Etiquetas adhesivas.
- Cucharillas medidoras metálicas.
- Vasos de precipitación (500 ml, 50 ml).
- Bisturí (STAINLESS N°4).
- Hojas de bisturí N° 23.
- Pinzas metálicas (MEDITEC 20 cm).
- Fundas plásticas.
- Regadera.
- Placas metálicas.
- Mecheros de alcohol.
- Matraz Erlenmeyer (1000 ml, 500 ml, 250 ml).
- Estantes metálicos y de vidrio.
- Papel aluminio (DIAMOND).
- Probetas (50 ml).

- Esferos (BIG).
- Marcadores permanentes (Sharpie).
- Pipetas plásticas pequeñas (1 ml).
- Puntas para micropipetas.
- Rociador plástico (250 ml, 1000 ml).
- Gorros quirúrgicos.
- Bata quirúrgica.
- Zapatones.
- Mascarillas.
- Alcohol al 70% y 90% (WEIR).
- Hipoclorito de sodio al 5% (ALL CLORO).
- Detergente sólido (Deja).
- Jabón líquido (Recamier).
- Agua desionizada.
- Medio de cultivo MS (PhytoTech).
- Agar (en polvo para cultivo de tejidos vegetales - Agar Powder for tissue culture SRL).
- Sacarosa (Azúcar blanca Valdez).
- Fructosa (Poly Foods).
- AIA (Ácido Indol Acético) (LOBA CHEMIE).
- IBA (Ácido indol -3- butírico) (SIGMA).
- ANA (Ácido 1- naftalenacético) (SIGMA).
- TDZ (Thidiazuron) (Caisson labs).
- Zeatina (Caisson labs).
- 6-BAP (6-Bencilaminopurina) (Caisson labs).
- AG3 (Ácido giberélico) (LOBA CHEMIE).
- Ácido cítrico (SIGMA).
- Hidróxido de sodio (LOBA CHEMIE).

## 2.4. Factores de estudio

### 2.4.1. Objetivo N° 1: Inducir la brotación de yemas a partir de tubérculos.

- **Factor N° 1:** Influencia del etanol y sustrato (TS1 y TS4) sobre la brotación de yemas de tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.
- **Factor N° 2:** Influencia del ácido giberélico (AG3) y sustrato (TS1 y TS4) sobre la brotación de yemas de tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.
- **Factor N° 3:** Influencia de la cianamida hidrogenada (Dormex) y sustrato (TS1 y TS4) sobre la brotación de yemas de tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

### 2.4.2. Objetivo N° 2: Establecer *in vitro* yemas de tubérculos brotados.

- **Factor N° 1:** Influencia de las condiciones de iluminación sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.
- **Factor N° 2:** Influencia del tipo de auxina y su concentración sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

### 2.4.3. Objetivo N° 3: Multiplicar el número de plantas *in vitro*.

- **Factor N° 1:** Influencia de las fuentes de carbono sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.
- **Factor N° 2:** Influencia del tipo de auxina sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.
- **Factor N° 3:** Influencia del tipo de giberelina sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.
- **Factor N° 4:** Influencia del tipo de citoquinina sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

#### **2.4.4. Objetivo N° 4: Inducir el enraizamiento *in vitro* de plantas de papa multiplicadas.**

- **Factor N° 1:** Influencia del tipo de auxina sobre el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

#### **2.5. Diseño experimental**

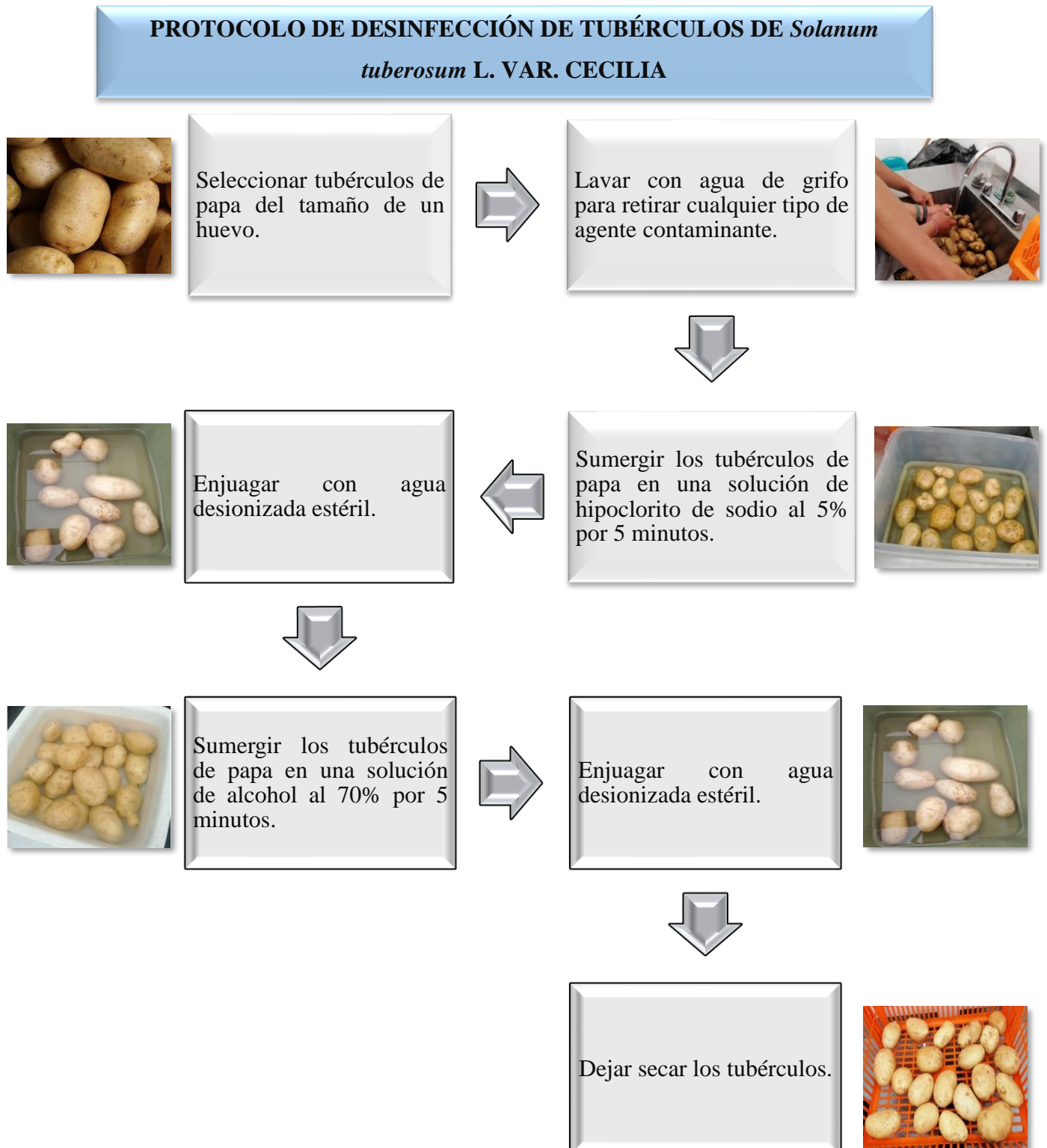
Se utilizó para cada ensayo un diseño completamente aleatorizado con 10 repeticiones.



## 2.6. Manejo del experimento

### 2.6.1. Objetivo 1. Inducir la brotación de yemas a partir de tubérculos.

Para la inducción de yemas de tubérculos se llevó a cabo el procedimiento detallado en la siguiente figura.



## INFLUENCIA DEL TIPO DE INDUCTOR DE BROTAÇÃO



Colocar agua destilada en matraces Erlenmeyer de 1000 ml y autoclavar.



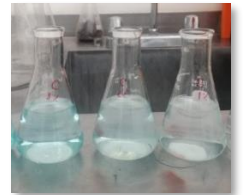
Colocar el agua destilada estéril en bandejas individuales.



Pesar y disolver diferentes concentraciones de etanol (0.1, 0.3, 0.5, 0.7 y 0.9 (v/v) por 15 min).

Pesar y disolver diferentes concentraciones de cianamida hidrogenada (1, 2, 3, 4, y 5 (v/v) por 15 min).

Pesar y disolver diferentes concentraciones de AG3 (1, 3, 5, 7 y 9 ppm por 72 h).



Sumergir los tubérculos de papa en las diferentes soluciones por el tiempo establecido.



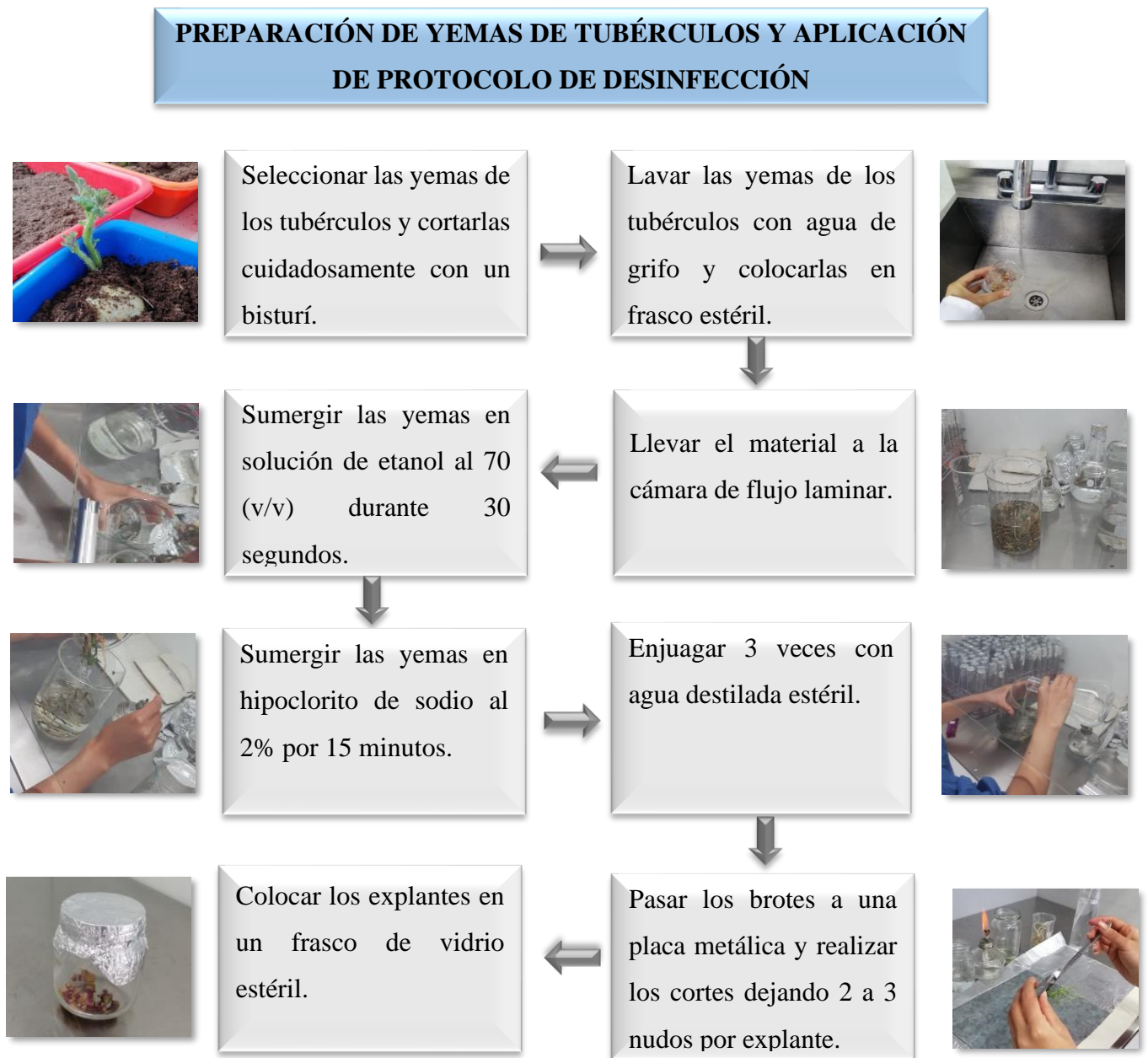
Dejar secar los tubérculos.



**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 1.** Diagramas de actividades realizadas para la desinfección de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia, preparación de las soluciones para la inducción de yemas y manejo del ensayo de brotación.

2.6.2. Objetivo 2. Establecer *in vitro* yemas de tubérculos brotados.



**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 2.** Diagrama de actividades realizado para la preparación y desinfección de yemas de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia en la fase de establecimiento *in vitro*.

## PREPARACIÓN DE MEDIO DE CULTIVO Y ADICIÓN DE AUXINAS



Colocar agua destilada estéril en matraces Erlenmeyer.



Pesar el medio nutritivo  $4,43 \text{ g.L}^{-1}$  de MS (Murashige y Skoog) y disolver en los matraces.



Pesar y disolver diferentes concentraciones de auxinas: ANA (0.1, 0.5 y 1.5 ppm), AIA (0.1, 0.5 y 1.5 ppm) y AIB (0.1, 0.5 y 1.5 ppm).



Pesar  $20 \text{ g.L}^{-1}$  de sacarosa, colocar y disolver en los matraces.



Estabilizar el pH del medio de cultivo en 5.9.

## INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DE ILUMINACIÓN



Colocar agua destilada estéril en matraces Erlenmeyer.



Pesar el medio nutritivo  $4,43 \text{ g.L}^{-1}$  de MS (Murashige y Skoog) y disolver en los matraces.



Pesar  $20 \text{ g.L}^{-1}$  de sacarosa, colocar y disolver en los matraces.



Estabilizar el pH del medio de cultivo en 5.9.



Pesar  $7 \text{ g.L}^{-1}$  de agar en el medio de cultivo y agregar en los matraces.



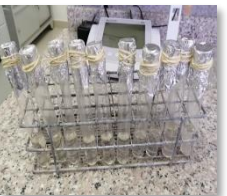
Pesar 7 g.L<sup>-1</sup> de agar en el medio de cultivo y agregar en los matraces.

Disolver y calentar el medio de cultivo en el microondas por 10 minutos.



Disolver y calentar el medio de cultivo en el microondas por 10 minutos.

Dispensar 10 ml de medio por tubo de ensayo, cubrir con papel aluminio y ajustar con ligas.



Dispensar 10 ml de medio por tubo de ensayo, cubrir con papel aluminio y ajustar con ligas.

Autoclavar los tubos de ensayo dispensados por un tiempo de 40 min a 110°C.



Autoclavar los tubos de ensayo dispensados por un tiempo de 40 min a 110°C.

Retirar los tubos de ensayo autoclavados, y mantenerlos en la cámara de flujo laminar hasta realizar la siembra.



Retirar los tubos de ensayo autoclavados, y mantenerlos en la cámara de flujo laminar hasta realizar la siembra.

Preparar un área con luz blanca fluorescente total, oscuridad total y con 12 horas luz y 12 de oscuridad.



## MANEJO DE ENSAYO EN CÁMARA DE FLUJO LAMINAR



Esterilizar los materiales en el autoclave por un periodo de 40 min a 110°C: pinzas, mango de bisturí, placa metálica, cuadros de papel aluminio, frascos de vidrio y agua destilada.



Desinfectar con alcohol al 70%: hojas de bisturí, mecheros de alcohol, ligas, atomizadores con alcohol, encendedor, recipiente plástico, tubos de ensayo con medio de cultivo e introducirlos en la cámara de flujo.



Encender la luz UV de la cámara de flujo por un tiempo de 30 minutos, luego encender los mecheros de alcohol.



Llenar 2 frascos con agua destilada estéril y 1 frasco con alcohol, quitar el papel aluminio de los materiales y flamearlos.



Flamear las pinzas y el bisturí en el mechero, enfriar en el agua y retirar la planta *in vitro* del frasco, colocar la planta en la placa metálica y con el bisturí cortar los segmentos nodales (1 a 2 nudos por explante).



Destapar el tubo de ensayo y flamearlo, sembrar los explantes introduciéndolos en el medio de cultivo, tapan con papel aluminio y ajustar con ligas.





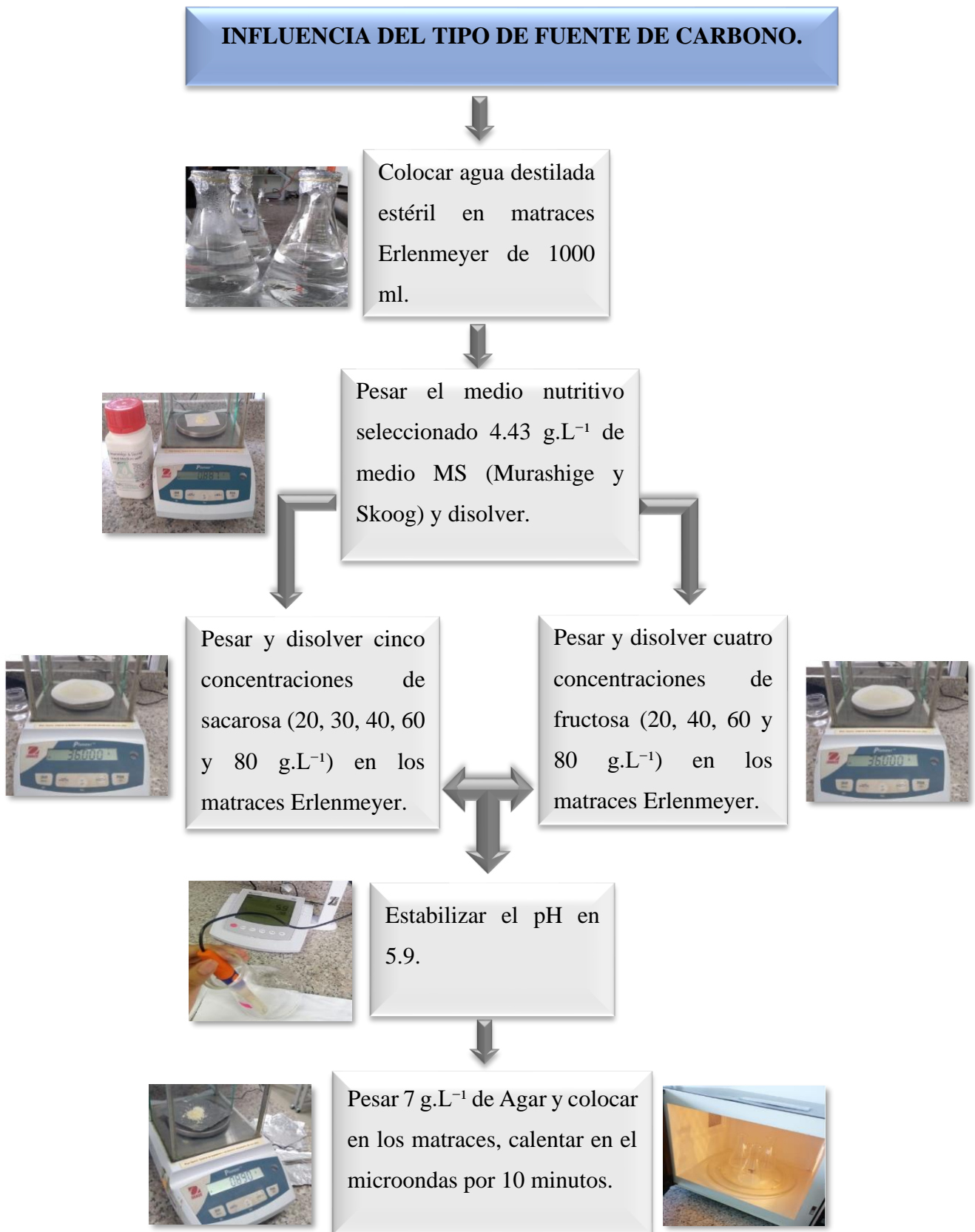
Trasladar los tubos de ensayo sembrados al área de transferencia con una temperatura de 24 °C y luz blanca fluorescente.

**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 3.** Diagrama de actividades realizado para la preparación de medios de cultivo con diferentes concentraciones de auxinas, estudio de las condiciones de iluminación y manejo del ensayo en la cámara de flujo laminar para el establecimiento *in vitro* de yemas.



### 2.6.3. Objetivo 3. Multiplicar el número de plantas *in vitro*.





**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 4.** Diagrama de actividades realizado para determinar el efecto de diferentes fuentes de carbono (sacarosa y fructosa) en la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

## INFLUENCIA DEL TIPO DE HORMONA.



Colocar agua destilada estéril en matraces Erlenmeyer de 1000 ml.



Pesar el medio nutritivo seleccionado  $4.43 \text{ g.L}^{-1}$  de medio MS (Murashige y Skoog) y disolver.



Pesar y disolver diferentes concentraciones de auxinas: ANA, AIB y AIA.

Pesar y disolver diferentes concentraciones de giberelinas: AG3.

Pesar y disolver diferentes concentraciones de citoquininas: TDZ, 6-BAP Y Zeatina.



Pesar  $20 \text{ g.L}^{-1}$  de sacarosa y disolver en los matraces, estabilizar el pH en 5.9.



Pesar  $7 \text{ g.L}^{-1}$  de Agar y colocar en los matraces, calentar en el microondas por 10 minutos.

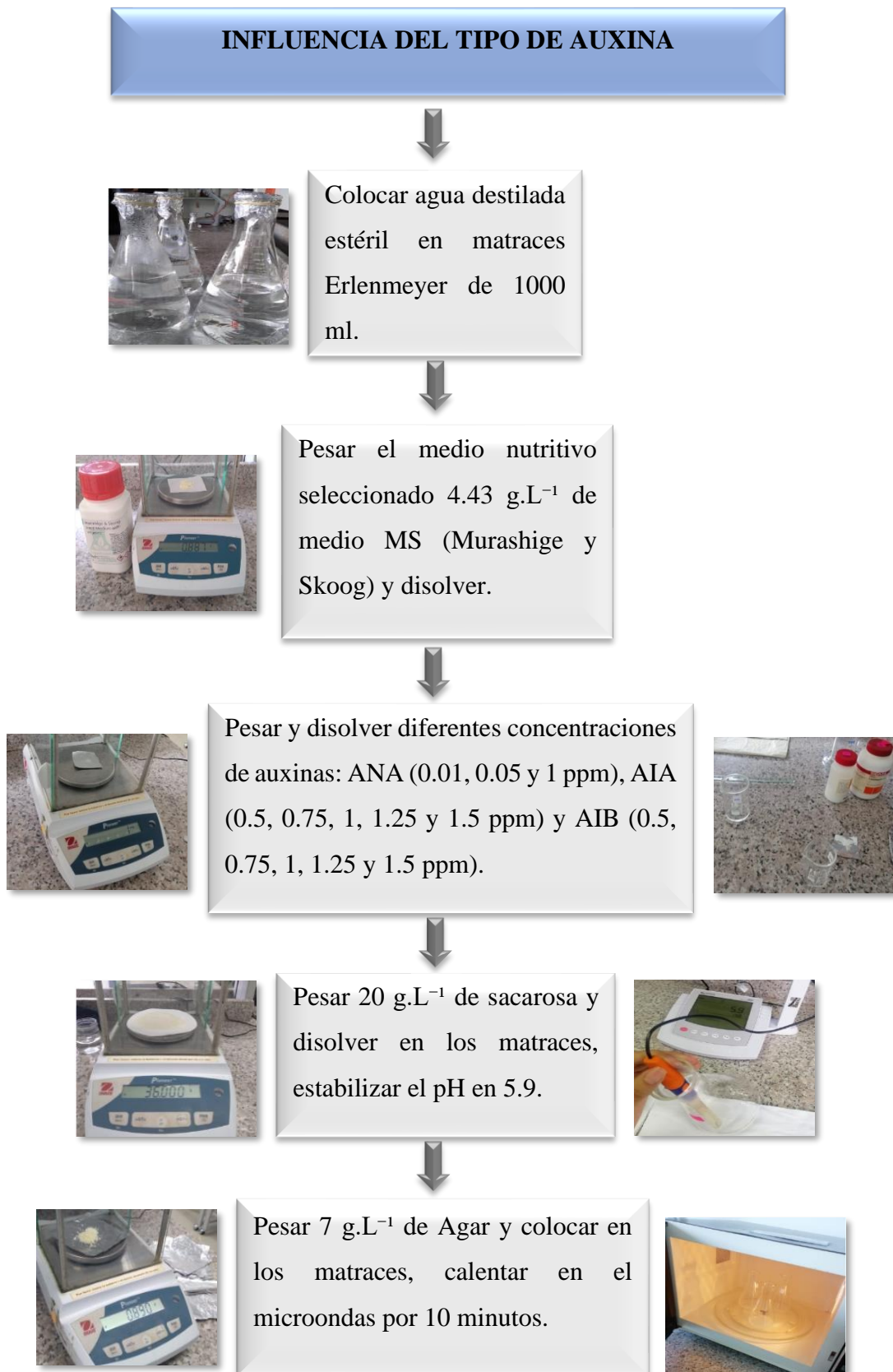




**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 5.** Diagrama de actividades realizado para determinar el efecto de diferentes auxinas (ANA, AIB, AIA), giberelinas (AG3) y citoquininas (TDZ, 6-BAP y ZN) en la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

2.6.4. Objetivo 4. Inducir el enraizamiento *in vitro* de plantas de papa multiplicadas.





**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 6.** Diagrama de actividades realizado para determinar el efecto de diferentes auxinas (ANA, AIB, AIA) en la etapa de enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

## 2.7. Tratamientos

**2.7.1. Objetivo N° 1:** Inducir la brotación de yemas a partir de tubérculos.

**Factor N° 1:** Influencia del etanol y sustrato (TS1 y TS4) sobre la brotación de yemas de tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

**Tabla 3.** Influencia de concentraciones de etanol y sustrato (TS1 y TS4) para la etapa de inducción de la brotación de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

CONCENTRACIONES DE ETANOL Y SUSTRATO (TS1 Y TS4)		
ETANOL Y TS1	ETANOL Y TS4	CONTROL
0,1% / 15 min	0,1% / 15 min	
0,3% / 15 min	0,3% / 15 min	
0,5% / 15 min	0,5% / 15 min	SIN ETANOL
0,7% / 15 min	0,7% / 15 min	
0,9% / 15 min	0,9% / 15 min	

**Elaborado por:** Catherine Silva

**Factor N° 2:** Influencia del ácido giberélico (AG3) y sustrato (TS1 y TS4) sobre la brotación de yemas de tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

**Tabla 4.** Influencia de concentraciones de AG3 y sustrato (TS1 y TS4) para la etapa de inducción de la brotación de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

CONCENTRACIONES DE ÁCIDO GIBERÉLICO Y SUSTRATO (TS1 Y TS4)		
AG3 Y TS1	AG3 Y TS4	CONTROL
1 ppm / 72 h	1 ppm / 72 h	
3 ppm / 72 h	3 ppm / 72 h	
5 ppm / 72 h	5 ppm / 72 h	SIN AG3
7 ppm / 72 h	7 ppm / 72 h	
9 ppm / 72 h	9 ppm / 72 h	

**Elaborado por:** Catherine Silva

**Factor N° 3:** Efecto de la cianamida hidrogenada (Dormex) y sustrato (TS1 y TS4) sobre la brotación de yemas de tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

**Tabla 5.** Influencia de concentraciones de cianamida hidrogenada (Dormex) y sustrato (TS1 y TS4) para la etapa de inducción de la brotación de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

<b>CONCENTRACIONES DE CIANAMIDA HIDROGENADA Y SUSTRATO (TS1 Y TS4)</b>		
<b>CIANAMIDA HIDROGENADA Y TS1</b>	<b>CIANAMIDA HIDROGENADA Y TS4</b>	<b>CONTROL</b>
0,5% / 15 min	0,5% / 15 min	
1% / 15 min	1% / 15 min	
2% / 15 min	2% / 15 min	SIN CIANAMIDA HIDROGENADA
3% / 15 min	3% / 15 min	
4% / 15 min	4% / 15 min	

**Elaborado por:** Catherine Silva

**2.7.2. Objetivo N° 2:** Establecer *in vitro* yemas de tubérculos brotados.

**Factor N° 1:** Influencia de las condiciones de iluminación sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

- Oscuridad total.
- Luz blanca fluorescente total.
- 12 horas luz natural y 12 horas oscuridad.

**Factor N° 2:** Influencia del tipo de auxina y su concentración sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.



**Tabla 6.** Influencia de concentraciones de auxinas ANA (Ácido naftalenacético), AIB (Ácido indol butírico) y AIA (Ácido indolacético) para la etapa de establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum L.* Var. Cecilia.

<b>CONCENTRACIONES DE AUXINAS</b>			
<b>ANA</b>	<b>AIB</b>	<b>AIA</b>	<b>CONTROL</b>
1,5 ppm	1,5 ppm	1,5 ppm	
0,5 ppm	0,5 ppm	0,5 ppm	SIN AUXINAS
0,1 ppm	0,1 ppm	0,1 ppm	

**Elaborado por:** Catherine Silva

### 2.7.3. Objetivo N° 3: Multiplicar el número de plantas *in vitro*

**Factor N° 1:** Influencia de las fuentes de carbono sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales *Solanum tuberosum L.* Var. Cecilia.

**Tabla 7.** Influencia de concentraciones de sacarosa y fructosa para la etapa de multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum L.* Var. Cecilia.

<b>CONCENTRACIONES DE FUENTES DE CARBONO</b>		
<b>Sacarosa</b>	<b>Fructosa</b>	<b>CONTROL</b>
20 g.L <sup>-1</sup>	20 g.L <sup>-1</sup>	
30 g.L <sup>-1</sup>	40 g.L <sup>-1</sup>	
40 g.L <sup>-1</sup>	60 g.L <sup>-1</sup>	SIN FUENTE DE CARBONO
60 g.L <sup>-1</sup>	80 g.L <sup>-1</sup>	
80 g.L <sup>-1</sup>		

**Elaborado por:** Catherine Silva

**Factor N° 2:** Influencia del tipo de auxina sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

**Tabla 8.** Influencia de concentraciones de auxinas ANA (Ácido naftalen acético), AIB (Ácido indol butírico) y AIA (Ácido indol acético) para la etapa de multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

<b>CONCENTRACIONES DE AUXINAS</b>			
<b>ANA</b>	<b>AIB</b>	<b>AIA</b>	<b>CONTROL</b>
0,1 ppm	0,05 ppm	0,5 ppm	
0,25 ppm	0,25 ppm	1 ppm	
0,5 ppm	0,5 ppm	1,5 ppm	SIN AUXINAS
0,75 ppm	0,75 ppm	2 ppm	
1 ppm	1 ppm	2,5 ppm	

**Elaborado por:** Catherine Silva

**Factor N° 3:** Influencia del tipo de giberelina sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* Var. Cecilia.

**Tabla 9.** Influencia de concentraciones de giberelinas AG3 (Ácido giberélico) para la etapa de multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

<b>CONCENTRACIONES DE GIBERELINAS</b>	
<b>AG3</b>	<b>CONTROL</b>
0,15 ppm	
0,20 ppm	
0,25 ppm	SIN GIBERELINAS
0,30 ppm	
0,35 ppm	

**Elaborado por:** Catherine Silva

**Factor N° 4:** Influencia del tipo de citoquinina sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

**Tabla 10.** Influencia de concentraciones de citoquininas TDZ (Thidiazuron), 6-BAP (6-bencilaminopurina) y Z (Zeatina) para la etapa de multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

CONCENTRACIONES DE CITOQUININAS			
TDZ	6-BAP	ZEATINA	CONTROL
1 ppm	0,3 ppm	0,05 ppm	
2 ppm	0,4 ppm	0,1 ppm	
3 ppm	0,5 ppm	0,15 ppm	SIN CITOQUININAS
4 ppm	0,6 ppm	0,25 ppm	
5 ppm	0,7 ppm		

**Elaborado por:** Catherine Silva

#### 2.7.4. Objetivo N° 4: Inducir el enraizamiento *in vitro* de plantas de papa multiplicadas.

**Factor N° 1:** Influencia del tipo de auxina sobre el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

**Tabla 11.** Influencia de concentraciones de auxinas ANA (Ácido naftalen acético), AIB (Ácido indol butírico) y AIA (Ácido indol acético) para la etapa de enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

CONCENTRACIONES DE AUXINAS			
ANA	AIB	AIA	CONTROL
0,01 ppm	0,5 ppm	0,5 ppm	
0,05 ppm	0,5 ppm	0,75 ppm	
1 ppm	1 ppm	1 ppm	SIN AUXINAS
	1,25 ppm	1,25 ppm	
	1,5 ppm	1,5 ppm	

**Elaborado por:** Catherine Silva

## 2.8. Variables respuesta

- Número de yemas brotadas.
- Longitud de brotes (cm).
- Número de nudos por brote.
- Número de hojas por brote.
- Altura de planta (cm).
- Porcentaje de contaminación *in vitro*.
- Porcentaje de establecimiento *in vitro*.
- Número de brotes.
- Número de raíces sumergidas.
- Longitud de raíces sumergidas (cm).
- Numero de raíces aéreas.
- Longitud de raíces aéreas (cm).

## 2.9. Procesamiento de la información

Los datos registrados fueron analizados mediante el paquete estadístico SPSS versión 26.0. Para ello se evaluaron los criterios de distribución normal mediante la prueba de Kolmogorov Smirnov y para determinar la homogeneidad de varianza se utilizó la prueba de Levene. Para aquellas variables cuyos datos cumplieron con ambos requerimientos se realizó un ANOVA de clasificación simple. Para separar las medias se utilizó la prueba de Tuckey, para los datos que mostraron distribución normal y homogeneidad de Varianza. Para las variables que no cumplieron con estos requerimientos, se utilizó la prueba de Kruskal Wallis completada con la prueba U de Mann Whitney. Para un nivel de significación de un 95 %.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Inducción de la brotación de yemas a partir de tubérculos.

##### 3.1.1. Influencia del etanol y sustratos (TS1 y TS4) sobre la brotación de yemas de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

En la evaluación a los 21 días de la influencia de las concentraciones de etanol más el sustrato TS1 y las concentraciones de etanol más el sustrato TS4 sobre la brotación de yemas de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia se observó que no mostraron diferencias estadísticas significativas respecto al número de brotes y longitud de brote (**Tabla 12 y Figura 7**).

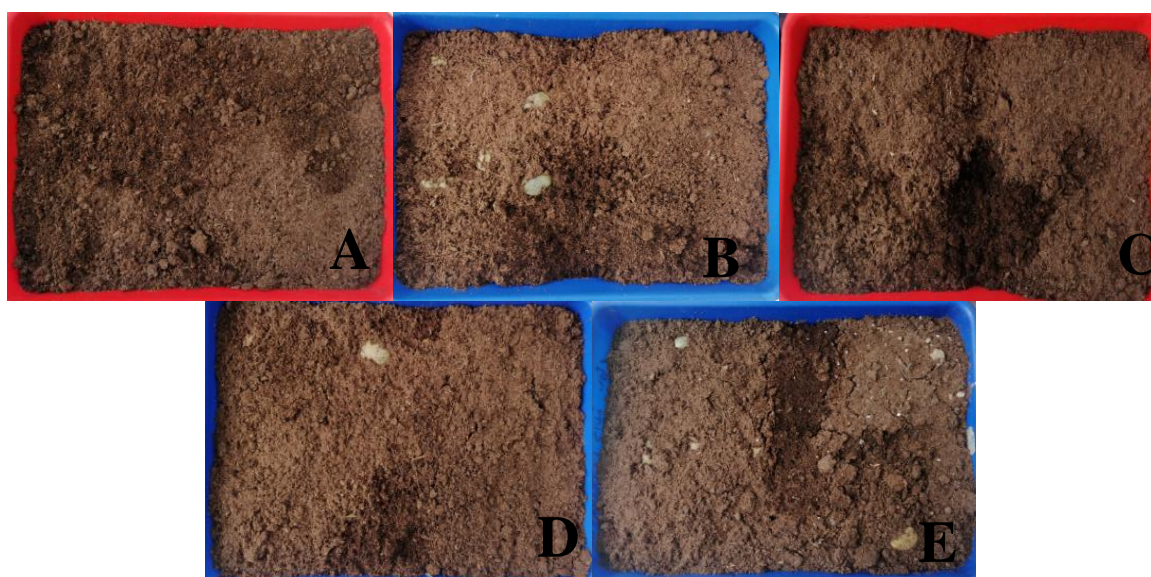
A los 21 días existieron diferencias estadísticas significativas entre las concentraciones de etanol más el sustrato TS1 sobre la longitud de brote, al usar 0.3 %, 0.5% y 0.7% de etanol se incrementó el valor de esta variable, sin embargo, no mostraron diferencias estadísticas significativas entre las concentraciones de etanol más el sustrato TS4 sobre la longitud de brote (**Tabla 12 y Figura 7**).

**Tabla 12.** Influencia del etanol y sustratos (TS1 y TS4) sobre el número de brotes y longitud de brote en la brotación de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 21 días.

TRATAMIENTOS	TS1				TS4			
	NÚMERO DE BROTES		LONGITUD (cm)		NÚMERO DE BROTES		LONGITUD (cm)	
	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio
<b>0,1% de Etanol por 15 min</b>	1	22,70	1	22,85 c	1	25,00	1	24,60
<b>0,3% de Etanol por 15 min</b>	1	29,60	2	32,35 abc	1	30,60	1	29,45
<b>0,5% de Etanol por 15 min</b>	2	41,15	3	40,65 ab	1	30,80	2	34,40
<b>0,7% de Etanol por 15 min</b>	2	38,35	3	42,35 a	1	32,13	1	33,69
<b>0,9% de Etanol por 15 min</b>	1	27,55	1	26,10 bc	1	31,95	1	30,95
<b>Sin Etanol</b>	1	23,65	1	18,70 c	1	27,05	1	24,75

**Elaborado por:** Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 7.** Tubérculos de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de etanol 0.1% por 15 min (A), 0.3% por 15 min (B), 0.5% por 15 min (C), 0.7% por 15 min (D) y 0.9% por 15 min (E) a los 21 días.

Según **Ewing et al. (2004)** la inducción del segundo crecimiento de tubérculos de papa en campo puede atribuirse a la mala aireación del suelo, lo que dio como resultado la aparición de condiciones anaeróbicas y acumulación de etanol, procedente del mismo tubérculo o de los microorganismos. **Mani et al. (2014)** manifestaron que la aplicación de bajas cantidades de etanol administradas como vapor o disueltas pueden activar el crecimiento de las yemas de tubérculos de papa.

**Verhees et al. (2002)** observaron que, posterior a la colocación de los tubérculos en un medio suplementado con etanol la expresión génica relacionada con el almacenamiento y síntesis de reservas disminuyó en relación a los tubérculos control (sin etanol). **Claassens et al. (2005)** en su investigación analizaron el efecto del etanol sobre la ruptura de la dormancia de los tubérculos de *Solanum tuberosum* L. cv. Bintje y encontraron que al transferir tubérculos *in vitro* a un medio con 0,5% de etanol y un bajo contenido de sacarosa se indujo el crecimiento de brotes, a comparación con los tubérculos que no fueron tratados con etanol, los cuales continuaban latentes.

Respecto al tipo de sustrato **MARUPLAST (2022; 2022)** mencionó que el sustrato TS1 y TS4 están compuestos por turba rubia, el TS1 tiene una granulometría muy fina posee una buena retención de humedad. La turba rubia presentó un elevado contenido de materia orgánica, aunque menos descompuesta, tiene una buena aireación y un nivel alto de retención de agua, lo que la hace ideal para la brotación de tubérculos de papa (**Gavilán y Ombone, 2020**).

Con los resultados obtenidos en esta investigación se comprobó que la aplicación de etanol influyó en la inducción de la brotación de los tubérculos de papa, con la concentración del 0.7% se logró incrementar la longitud de los brotes a diferencia del testigo sin etanol que registró los valores más bajos para longitud y número de brotes, esto también con el uso de la turba rubia (TS1) como sustrato.

### 3.1.2. Influencia del ácido giberélico (AG3) y sustratos (TS1 y TS4) sobre la brotación de yemas de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

En la evaluación a los 21 días de la influencia de las concentraciones de AG3 más el sustrato TS1 y las concentraciones de AG3 más el sustrato TS4 sobre la brotación de yemas de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia se observó que no mostraron diferencias estadísticas significativas respecto al número de brotes (**Tabla 13 y Figura 8**).

En el sustrato TS1 a excepción de 1 ppm de AG3 por 72 h y el control, el resto de los tratamientos incrementaron la longitud de los brotes de las yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia. Sin embargo, con el sustrato TS4 a excepción de 3 ppm de AG3 por 72 h y el control, el resto de los tratamientos incrementaron la longitud de los brotes de las yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia (**Tabla 13 y Figura 8**).

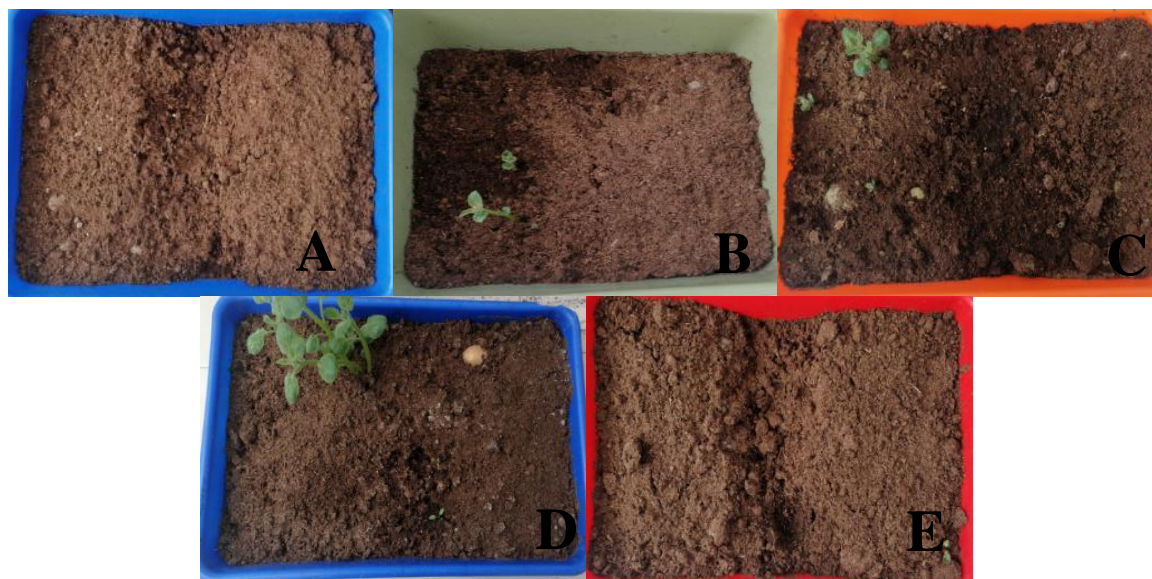
**Tabla 13.** Influencia del ácido giberélico (AG3) y sustratos (TS1 y TS4) sobre el número de brotes y longitud de brote en la brotación de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 21 días.

TRATAMIENTOS	TS1				TS4			
	NÚMERO DE BROTOS		LONGITUD (cm)		NÚMERO DE BROTOS		LONGITUD (cm)	
	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio
1 ppm de AG3 por 72 horas	1	24,80	1	22,80 bc	1	25,25	1	29,00 abc
3 ppm de AG3 por 72 horas	1	29,85	2	31,40 abc	1	22,40	1	22,85 bc
5 ppm de AG3 por 72 horas	2	41,75	3	42,20 a	1	36,20	2	40,45 ac
7 ppm de AG3 por 72 horas	2	34,30	2	34,95 ab	2	35,20	1	29,80 abc
9 ppm de AG3 por 72 horas	1	31,00	2	33,80 ab	2	40,05	2	41,50 a
Sin AG3	1	21,30	1	17,85 c	1	23,90	1	19,40 c

Elaborado por: Catherine Silva



Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 8.** Tubérculos de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de AG3 1 ppm por 72 horas (A), 3 ppm por 72 horas (B), 5 ppm por 72 horas (C), 7 ppm por 72 horas (D) y 9 ppm por 72 horas (E) a los 21 días.

**Barani et al. (2013)** en su investigación de inducción de brotación de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. cv. Agria, Marfona y Draga con ácido giberélico probaron dos concentraciones de AG3, los tubérculos se desinfectaron y se colocaron en remojo en soluciones con 5 y 10 ppm durante 72 h. y luego se sembraron simultáneamente, se evidenció que tanto la concentración de 5 y la de 10 ppm tuvieron un efecto positivo sobre la brotación, puesto que el crecimiento de brotes fue más temprano en comparación con los tubérculos no tratados. Lo mencionado por estos autores pudo ser corroborado con los resultados obtenidos, tanto en las concentraciones de 5 y 9 ppm de AG3 durante 72 h donde se incrementaron el número y longitud de brotes a diferencia del testigo en donde la brotación fue más lenta y obtuvo los valores más bajos para estas variables.

### 3.1.3. Influencia de la cianamida hidrogenada (Dormex) y sustratos (TS1 y TS4) sobre la brotación de yemas de tubérculos de papa *Solanum tuberosum* Var. Cecilia.

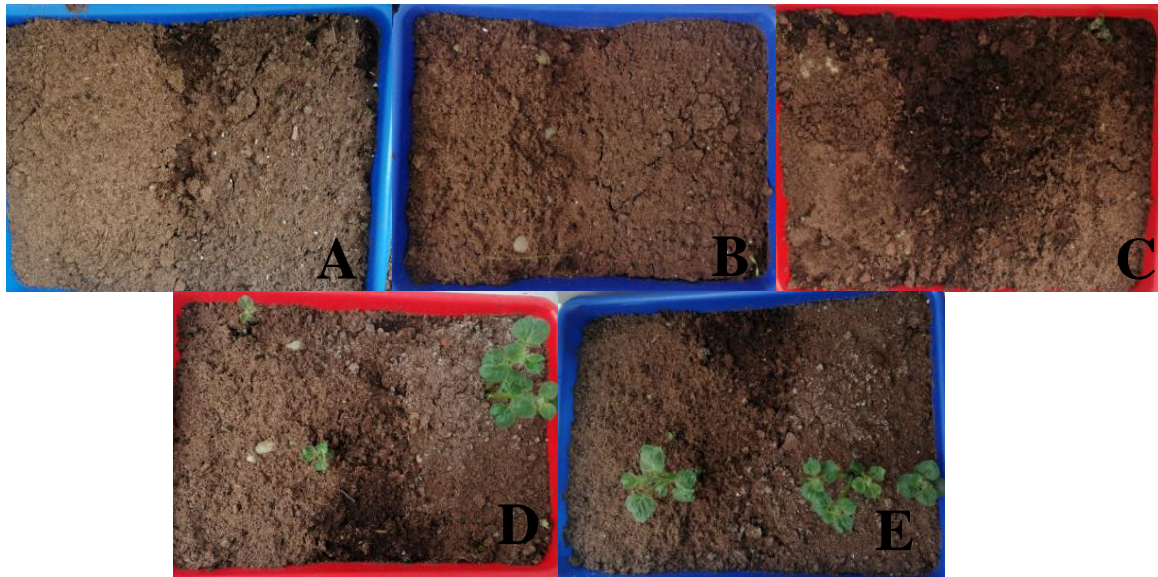
En la evaluación a los 21 días de la influencia de las concentraciones de cianamida hidrogenada (Dormex) más el sustrato TS1 y las concentraciones de cianamida hidrogenada (Dormex) más el sustrato TS4 sobre la brotación de yemas de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia no existieron diferencias estadísticas significativas respecto al número de brotes y longitud del brote (Tabla 14 y Figura 9).

**Tabla 14.** Influencia de la cianamida hidrogenada (Dormex) y sustratos (TS1 y TS4) sobre el número de brotes y longitud de brote en la brotación de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 21 días.

TRATAMIENTOS	S1				S2			
	NÚMERO DE BROTOS		LONGITUD (cm)		NÚMERO DE BROTOS		LONGITUD (cm)	
	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio
0,5% de Dormex por 15 min	1	27,05	1	25,85	1	30,70	2	33,65
1% de Dormex por 15 min	1	28,70	1	24,65	1	29,80	1	28,00
2% de Dormex por 15 min	2	38,30	2	37,25	1	28,60	1	27,40
3% de Dormex por 15 min	1	34,45	3	37,80	2	34,00	3	38,05
4% de Dormex por 15 min	1	31,55	2	35,00	2	36,90	2	35,70
Sin Dormex	1	22,95	1	22,45	1	23,00	0	20,20

Elaborado por: Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 9.** Tubérculos de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de cianamida hidrogenada (Dormex) 0.5% por 15 min (A), 1% por 15 min (B), 2% por 15 min (C), 3% por 15 min (D) y 4% por 15 min (E) a los 21 días.

En el trabajo realizado por **Amberger (2013)** mencionó que la cianamida hidrogenada utilizada a una concentración al 3% permitió una apertura del 50% de las yemas de manzano en un promedio de 13 a 27 días y una floración completa en 11 a 44 días antes del testigo. Un estudio realizado para la liberación de la latencia en yemas de vid *Vitis vinifera* L. cv. Thompson señaló que las aplicaciones de 2,5% de cianamida hidrogenada aumentó la tasa de brotación (**Perez et al., 2009**).

### **3.2. Establecimiento *in vitro* de yemas de tubérculos brotados de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

#### **3.2.1. Influencia de las condiciones de iluminación sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

En la evaluación a los 15 y 30 días de la influencia de las condiciones de iluminación sobre el establecimiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia no existieron diferencias estadísticas significativas entre las condiciones de iluminación al

evaluar el número de nudos por planta, número de hojas por planta, número de brotes por explante, porcentaje de contaminación y porcentaje de establecimiento (**Tabla 15 y Figura 10**).

En relación a la altura de planta se logró observar que a los 15 días no existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Sin embargo, a los 30 días al usar luz blanca fluorescente total y 12 h luz natural + 12 h oscuridad se incrementó la altura de las plantas (**Tabla 15 y Figura 10**).

En el trabajo realizado por **Mng'omba et al., (2017)** señalaron que los explantes de *Solanum tuberosum* L. expuestos a condiciones de luz total mostraron los mejores resultados para las variables longitud de brote, número de raíces y hojas en comparación con los explantes mantenidos en condiciones de oscuridad total o temporal, también cabe mencionar que las condiciones de oscuridad ocasionaron que las plantas tuvieran un menor número de raíces, hojas y longitud. Coincidiendo con los resultados obtenidos en esta investigación, puesto que se observó la mayor longitud de planta en la exposición a luz fluorescente total, además, los explantes en oscuridad se tornaron cloróticos y etiolados.

Por otra parte, **Karmakar et al. (2018)** manifestaron que la luz es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de plantas en el sistema *in vitro*, en su ensayo probaron diferentes colores de luz LED y encontraron que la luz roja es superior a la luz blanca pues existió un incremento significativo en la longitud de la planta y grosor de las raíces. Mientras que, **Rehana et al. (2018)** señalaron que todos los factores de crecimiento medibles a excepción del número de hojas y nudos obtuvieron los mejores resultados al mantener los explantes por 30 días expuestos a condiciones de luz solar (con un fotoperiodo de 16 horas luz y 6 horas de oscuridad).

**Tabla 15.** Influencia de las condiciones de iluminación sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta, número de brotes, porcentaje de establecimiento y porcentaje de contaminación en el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 15 y 30 días.

TRATAMIENTOS		NÚMERO DE NUDOS		NÚMERO DE HOJAS		ALTURA (cm)		NÚMERO DE BROTES		PORCENTAJE DE ESTABLECIMIENTO		PORCENTAJE DE CONTAMINACIÓN	
		$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio
15 días	Oscuridad Total	1	13,60	1	15,20	2	16,45	1	14,50	1	14,50	0	13,50
	Luz blanca fluorescente total	1	15,95	2	15,45	1	15,75	1	16,00	1	16,00	0	13,50
	12 horas luz natural + 12 horas oscuridad	1	16,95	2	15,85	1	14,30	1	16,00	1	16,00	1	19,50
30 días	Oscuridad Total	2	11,20	3	11,05	2	10,25 b	1	13,30	1	13,50	0	13,50
	Luz blanca fluorescente total	6	19,75	9	20,25	5	20,00 a	2	18,10	1	16,50	0	13,50
	12 horas luz natural + 12 horas oscuridad	4	15,55	7	15,20	5	16,25 ab	1	15,10	1	16,50	1	19,50

Elaborado por: Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 10.** Yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia establecidas *in vitro* con tres condiciones de iluminación Oscuridad total (A), luz blanca fluorescente total (B) y 12 horas luz natural + 12 horas oscuridad (C) a los 15 y 30 días.

### **3.2.2. Influencia del tipo de auxina sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

#### **3.2.2.1. Influencia del ANA sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

En la evaluación a los 15 y 30 días de la influencia de la concentración de ANA sobre el establecimiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia, se observó que no existieron diferencias estadísticas significativas entre las concentraciones de ANA al evaluar el número de nudos, número de hojas, número de brotes por explante, porcentaje de contaminación y porcentaje de establecimiento (**Tabla 16 y Figura 11**).

Respecto a la altura de planta, se determinó que a los 15 días no existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para esta variable. No obstante, a los 30 días al usar 0.1 ppm de ANA y 0.5 ppm de ANA se incrementó la altura de las plantas (**Tabla 16 y Figura 11**).

**Tabla 16.** Influencia del ácido naftalenacético (ANA) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta, número de brotes, porcentaje de establecimiento y porcentaje de contaminación en el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 15 y 30 días.

TRATAMIENTOS		NÚMERO DE NUDOS		NÚMERO DE HOJAS		ALTURA (cm)		NÚMERO DE BROTES		PORCENTAJE DE ESTABLECIMIENTO		PORCENTAJE DE CONTAMINACIÓN	
		$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio
15 días	MS + 1,5 ppm de ANA	1	20,10	1	19,00	1	21,80	1	26,15	1	24,00	0	21,00
	MS + 0,5 ppm de ANA	1	21,95	1	21,50	1	21,30	1	20,60	1	22,00	0	19,00
	MS + 0,1 ppm de ANA	1	17,55	1	16,50	0	16,20	0	15,20	0	16,00	0	21,00
	Sin ANA	1	22,40	2	25,00	4	22,70	1	20,05	1	20,00	0	21,00
30 días	MS + 1,5 ppm de ANA	6	25,15	11	13,00	4	12,85 b	2	22,80	1	22,00	0	20,50
	MS + 0,5 ppm de ANA	8	12,90	9	23,15	8	27,00 a	2	19,65	1	20,00	0	22,50
	MS + 0,1 ppm de ANA	4	22,75	6	24,65	6	23,75 a	1	21,30	1	20,00	0	18,50
	Sin ANA	4	21,20	7	21,20	4	18,40 b	1	18,25	1	20,00	0	20,50

**Elaborado por:** Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .





**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 11.** Yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia establecidas *in vitro* con diferentes concentraciones de ANA 1.5 ppm (A), 0.5 ppm (B) y 0.1 ppm (C) a los 15 y 30 días.

### **3.2.2.2. Influencia del AIA sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

En la evaluación a los 15 y 30 días de la influencia de la concentración de AIA sobre el establecimiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia no mostraron diferencias estadísticas significativas entre las concentraciones de AIA al evaluar el número de nudos por planta, número de hojas por planta, número de brotes por explante, porcentaje de contaminación y porcentaje de establecimiento (**Tabla 17 y Figura 12**).

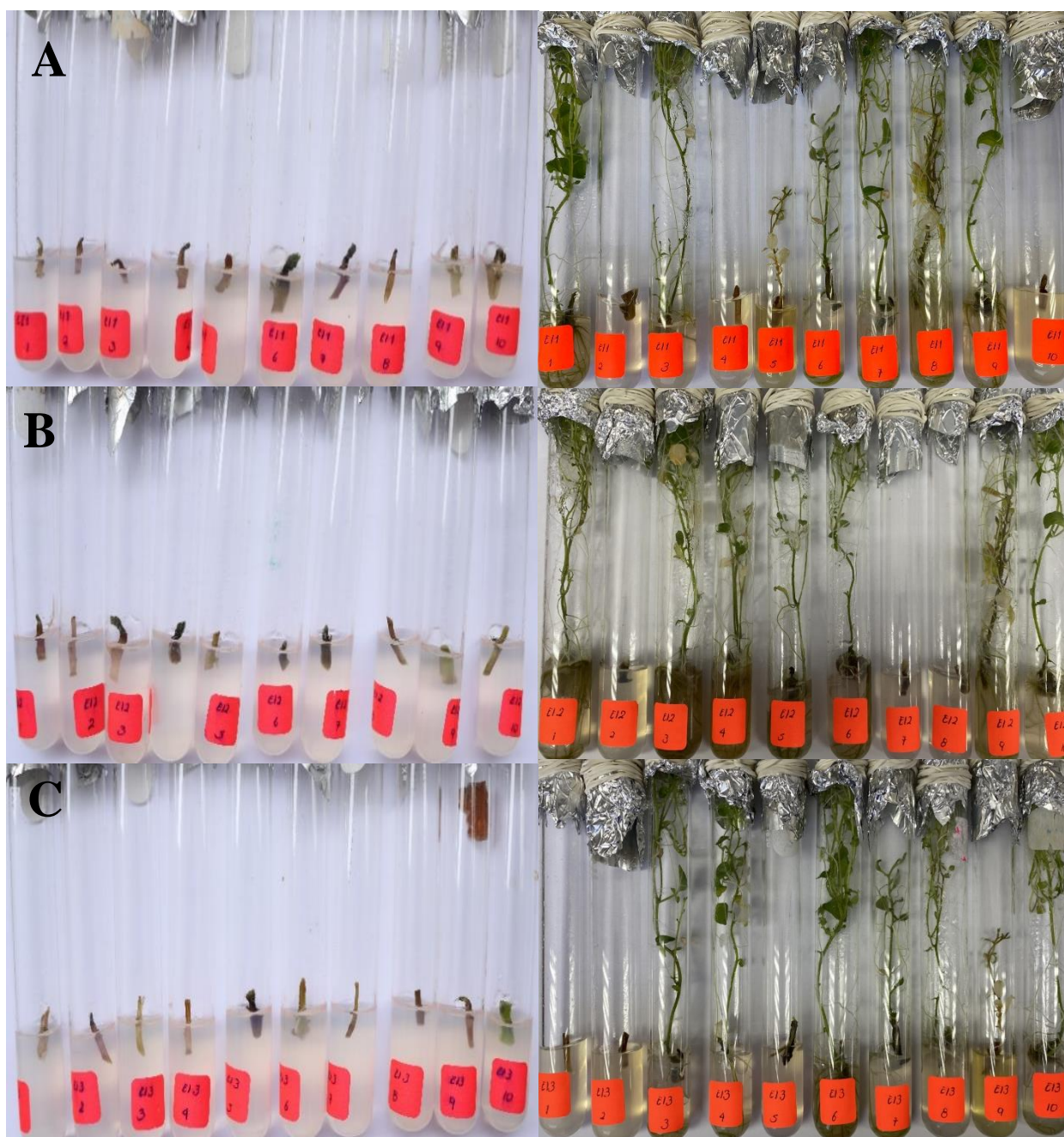
Respecto a la altura de planta, se determinó que a los 15 días no existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para esta variable. A excepción de 1,5 ppm de AIA, el resto de los tratamientos incrementaron significativamente su altura a los 30 días (**Tabla 17 y Figura 12**).

**Tabla 17.** Influencia del ácido indolacético (AIA) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta, número de brotes, porcentaje de establecimiento y porcentaje de contaminación en el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 15 y 30 días.

TRATAMIENTOS		NÚMERO DE NUDOS		NÚMERO DE HOJAS		ALTURA (cm)		NÚMERO DE BROTES		PORCENTAJE DE ESTABLECIMIENTO		PORCENTAJE DE CONTAMINACIÓN	
		$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio
15 días	MS + 1,5 ppm de AIA	1	24,20	2	21,25	1	22,70	1	23,50	1	23,50	0	21,50
	MS + 0,5 ppm de AIA	1	17,10	1	17,95	0	16,70	1	19,50	1	19,50	0	19,50
	MS + 0,1 ppm de AIA	1	18,10	2	20,25	1	19,20	1	17,50	1	17,50	0	19,50
	Sin AIA	1	22,60	2	22,55	1	23,40	1	21,50	1	21,50	0	21,50
30 días	MS + 1,5 ppm de AIA	6	25,15	8	23,15	3	12,85 b	1	22,80	1	22,00	0	20,50
	MS + 0,5 ppm de AIA	3	12,90	4	13,00	7	27,00 a	1	19,65	1	20,00	0	22,50
	MS + 0,1 ppm de AIA	5	22,75	8	24,65	6	23,75 a	1	21,30	1	20,00	0	18,50
	Sin AIA	5	21,20	7	21,20	4	18,40 ab	1	18,25	1	20,00	0	20,50

**Elaborado por:** Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 12.** Yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia establecidas *in vitro* con diferentes concentraciones de AIA 1.5 ppm (A), 0.5 ppm (B) y 0.1 ppm (C) a los 15 y 30 días.

### **3.2.2.3. Influencia del AIB sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

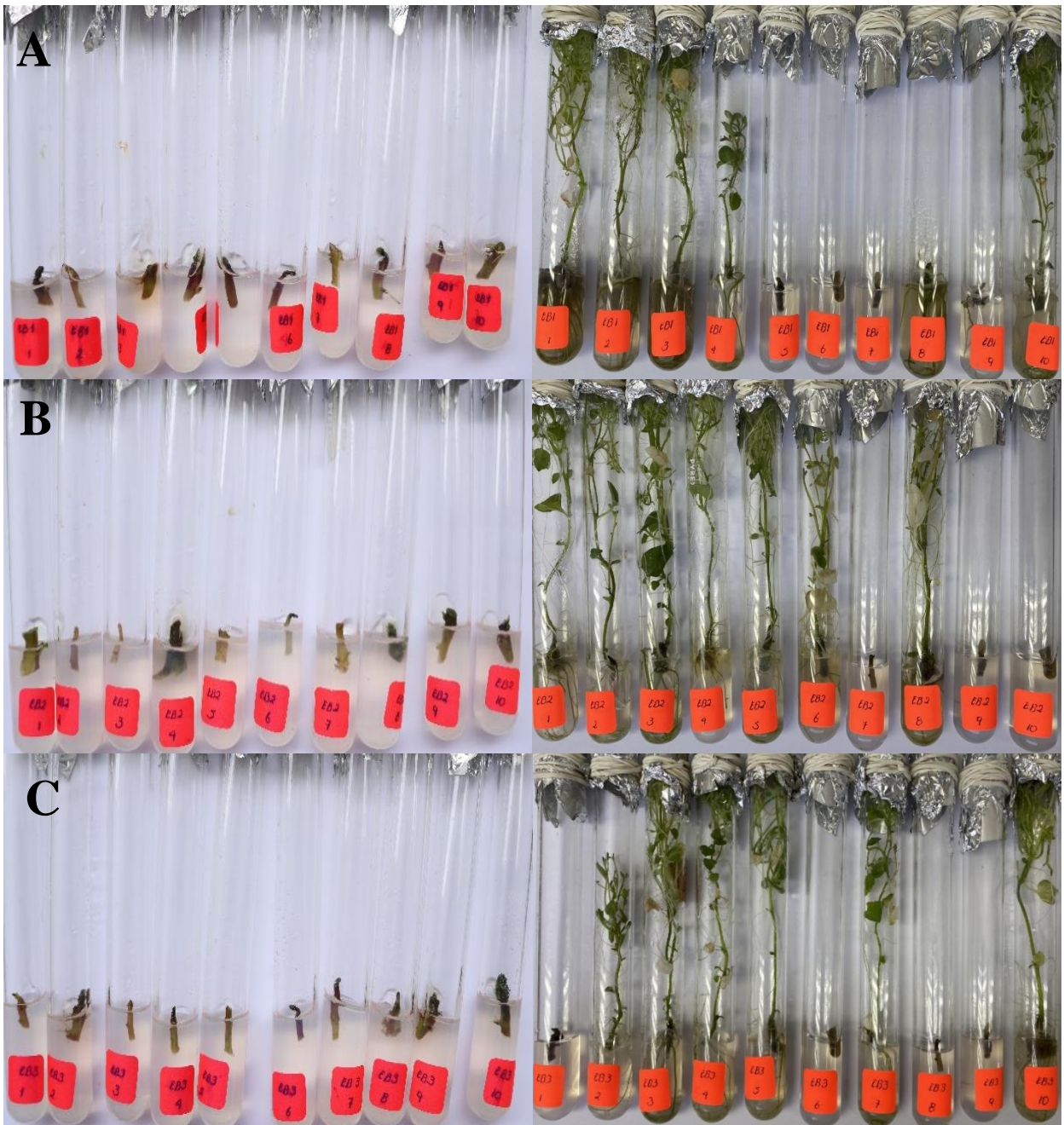
En la evaluación a los 15 y 30 días de la influencia de la concentración de AIB sobre el establecimiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia, se determinó que no mostraron diferencias estadísticas significativas entre las concentraciones de AIA al evaluar el número de nudos por planta, número de hojas por planta, altura de planta, número de brotes por explante, porcentaje de contaminación y porcentaje de establecimiento (**Tabla 18 y Figura 13**).

**Tabla 18.** Influencia del ácido indol butírico (AIB) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta, número de brotes, porcentaje de establecimiento y porcentaje de contaminación en el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 15 y 30 días.

TRATAMIENTOS		NÚMERO DE NUDOS		NÚMERO DE HOJAS		ALTURA (cm)		NÚMERO DE BROTES		PORCENTAJE DE ESTABLECIMIENTO		PORCENTAJE DE CONTAMINACIÓN	
		$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio
15 días	MS + 1,5 ppm de AIB	1	17,45	1	16,80	0	16,95	1	18,50	1	18,50	0	20,00
	MS + 0,5 ppm de AIB	1	20,40	2	19,90	1	18,95	1	20,50	1	20,50	0	20,00
	MS + 0,1 ppm de AIB	1	20,65	2	21,10	1	20,85	1	22,50	1	22,50	0	20,00
	Sin AIB	1	23,50	2	24,20	1	25,25	1	20,50	1	20,50	0	22,00
30 días	MS + 1,5 ppm de AIB	5	18,95	7	18,80	6	18,95	1	18,05	1	18,00	0	20,00
	MS + 0,5 ppm de AIB	6	22,35	8	21,25	6	19,95	1	21,55	1	22,00	0	20,00
	MS + 0,1 ppm de AIB	6	20,20	9	21,40	7	21,45	1	22,85	1	22,00	0	20,00
	Sin AIB	6	20,50	8	20,55	7	21,65	1	19,55	1	20,00	0	22,00

**Elaborado por:** Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



Elaborado por: Catherine Silva

**Figura 13.** Yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia establecidas *in vitro* con diferentes concentraciones de AIB 1.5 ppm (A), 0.5 ppm (B) y 0.1 ppm (C) a los 15 y 30 días.

### **3.3. Multiplicación del número de plantas *in vitro*.**

#### **3.3.1. Influencia de las fuentes de carbono sobre la multiplicación *in vitro* del número de plantas de papa *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

##### **3.3.1.1. Influencia de la sacarosa sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

A los 7 días entre los diferentes tratamientos no hubo influencia del contenido de sacarosa sobre el número de nudos y número de brotes por planta. Respecto al número de hojas, cuando se añadieron 20, 30 y 40 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa al medio MS se incrementó el valor de dicha variable. Por otra parte, la mayor altura de planta se alcanzó con 20 y 40 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa en el medio de cultivo MS (**Tabla 19 y Figura 14**).

A los 14 días al aplicar 20, 30 y 40 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa y cuando no se aplicó sacarosa se incrementó el número de nudos y el número de hojas por planta. La altura aumentó al añadir 20 y 40 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa, mientras que no se observaron diferencias estadísticas significativas respecto al número de brotes por planta (**Tabla 19 y Figura 14**).

En la evaluación correspondiente a los 21 días se observó un incremento del número de nudos y en el número de hojas por planta cuando se añadieron 20, 30, 40 y 60 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa. Así mismo, al añadir 20, 30 y 40 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa aumentó la altura de las plantas, sin embargo, no existió influencia de la concentración de sacarosa sobre el número de brotes por planta (**Tabla 19 y Figura 14**).

Según **Kubota et al. (2001)**, la adición de una fuente de carbono al medio de cultivo promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas *in vitro* al compensar la baja tasa fotosintética durante la fase de multiplicación, estas plantas necesitan de una fuente de carbono inicial hasta que puedan adaptarse y ser capaces de utilizar el CO<sub>2</sub> como fuente principal de carbono para realizar todos sus procesos metabólicos. **Demo et al. (2008)** señalaron que se logró un 100 % de supervivencia de plantas *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. al utilizar sacarosa, azúcar blanca y azúcar morena como fuentes de carbono. **Pereira y Fortes (2003)** señalaron que al emplear una concentración de 20 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa en el medio de cultivo se



obtuvieron mejores resultados para las variables altura de brote y tasa de multiplicación de *Solanum tuberosum* L. cultivar Eliza.

Por otra parte, en los estudios realizados por **Chen et al. (2020)** mencionaron que el crecimiento de las plantas de papa cultivadas *in vitro* mejoró de manera significativa en un medio de cultivo sin sacarosa, respecto a las variables en estudio las plantas obtuvieron un mayor peso fresco y seco, mayor diámetro de tallo y un mayor número de hojas.

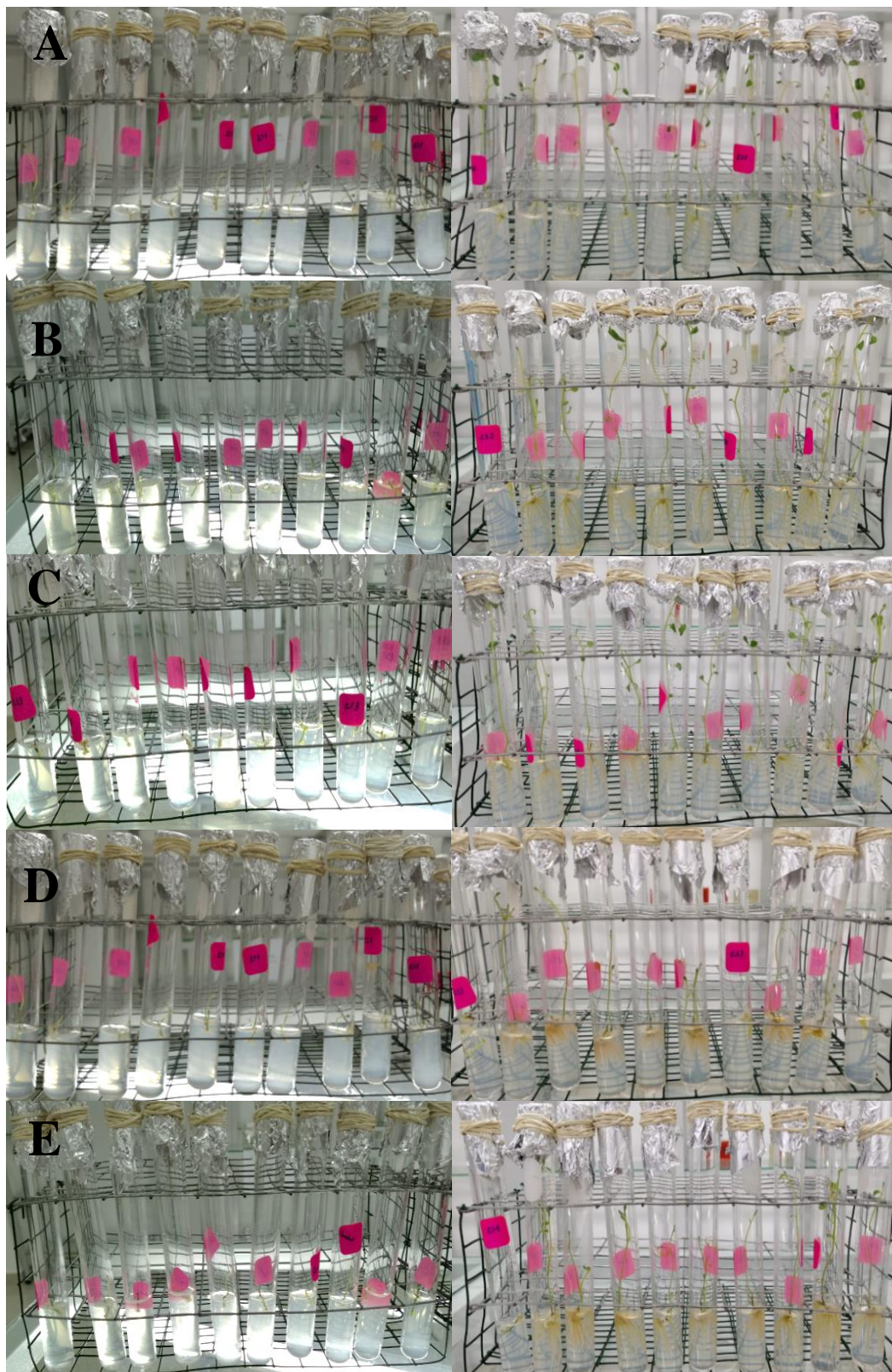
**Tabla 19.** Influencia de diferentes concentraciones de sacarosa sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y porcentaje de contaminación en la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.

TRATAMIENTOS	NÚMERO DE NUDOS		NÚMERO DE HOJAS		ALTURA (cm)		PORCENTAJE DE CONTAMINACIÓN		
	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	
7 días	MS + 20 g.L <sup>-1</sup> de sacarosa	2	40,80	4	44,05 a	2	45,90 a	0	30,50
	MS + 30 g.L <sup>-1</sup> de sacarosa	2	32,20	3	35,00 ab	1	28,45 b	0	30,50
	MS + 40 g.L <sup>-1</sup> de sacarosa	2	35,35	3	35,65 a	1	39,95 ab	0	30,50
	MS + 60 g.L <sup>-1</sup> de sacarosa	1	21,10	2	20,45 b	0	20,50 c	0	30,50
	MS + 80 g.L <sup>-1</sup> de sacarosa	1	26,95	2	24,30 b	0	22,10 c	0	30,50
	Sin sacarosa	1	26,60	2	23,55 b	1	26,10 bc	0	30,50
14 días	MS + 20 g.L <sup>-1</sup> de sacarosa	4	42,45 a	5	42,70 a	6	48,05 a	0	30,50
	MS + 30 g.L <sup>-1</sup> de sacarosa	2	35,25 a	5	35,95 a	5	42,25 ab	0	30,50
	MS + 40 g.L <sup>-1</sup> de sacarosa	4	37,80 a	5	35,65 a	4	36,80 b	0	30,50
	MS + 60 g.L <sup>-1</sup> de sacarosa	2	18,00 b	3	17,55 b	2	19,50 c	0	30,50
	MS + 80 g.L <sup>-1</sup> de sacarosa	2	22,80 b	4	23,30 b	2	21,90 c	0	30,50
	Sin sacarosa	3	26,70 ab	4	27,85 ab	1	14,50 c	0	30,50

<b>21 días</b>	<b>MS + 20 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa</b>	8	42,15 a	8	35,80 a	9	44,75 a	0	30,50
	<b>MS + 30 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa</b>	9	42,00 a	10	44,05 a	8	38,85 a	0	30,50
	<b>MS + 40 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa</b>	7	38,15 a	8	35,45 a	9	45,95 a	0	30,50
	<b>MS + 60 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa</b>	6	29,40 ab	8	30,85 ab	4	19,35 b	0	30,50
	<b>MS + 80 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa</b>	4	17,20 bc	5	19,25 b	6	25,65 b	0	30,50
	<b>Sin sacarosa</b>	3	14,10 c	5	17,60 b	2	8,45 c	0	30,50

**Elaborado por:** Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



Elaborado por: Catherine Silva

**Figura 14.** Multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de sacarosa  $20 \text{ g.L}^{-1}$  (A),  $30 \text{ g.L}^{-1}$  (B),  $40 \text{ g.L}^{-1}$  (C),  $60 \text{ g.L}^{-1}$  (D) y  $80 \text{ g.L}^{-1}$  (E) a los 14 y 21 días.

### 3.3.1.2. Influencia de la fructosa sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de papa *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

A los 7 días al añadir 20, 40 y 60 g.L<sup>-1</sup> de fructosa al medio MS se incrementó el número de hojas y la altura de la planta; sin embargo, no hubo influencia sobre el número de nudos ni el número de brotes por planta (**Tabla 20 y Figura 15**).

En la evaluación correspondiente a los 14 días a excepción de los tratamientos de 60 y 80 g.L<sup>-1</sup> de fructosa al medio de cultivo MS, el resto incrementaron el número de nudos, número de hojas y altura de las plantas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia. Sin embargo, no existieron diferencias estadísticas significativas respecto al número de brotes por planta (**Tabla 20 y Figura 15**).

Finalmente, a los 21 días a excepción de la adición de 80 g.L<sup>-1</sup> de fructosa en el resto de los tratamientos se incrementó el número de nudos por planta. Así mismo, al añadir 20 y 40 g.L<sup>-1</sup> de fructosa, así como en el control aumentó el número de hojas por planta. Por otra parte, la adición de fructosa en todos los tratamientos logró un aumento de la altura de la planta, mientras que no se observaron diferencias estadísticas significativas respecto al número de brotes por planta (**Tabla 20 y Figura 15**).

En los estudios realizados por **Taha et al. (2013)** mencionaron que la fructosa presentó una mayor proliferación de brotes durante la etapa de multiplicación y formación de raíces en la micropropagación *in vitro* de *Ficus carica*; resultados similares han sido reportados por **Sujana y Naidu (2011)** quienes evaluaron concentraciones de fuentes de carbono en *Mentha piperita* L. y demostraron que el número máximo de brotes y frecuencia de regeneración de brotes se obtuvo con un 4% de fructosa.

Por el contrario, **Bahmani et al. (2009)** señalaron que la fructosa no presentó resultados favorables en el cultivo *in vitro* de manzano, los brotes no pudieron enraizar y además se obtuvo un porcentaje de supervivencia inferior al 85%.

**Tabla 20.** Influencia de diferentes concentraciones de fructosa sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y contaminación en la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.

TRATAMIENTOS	NÚMERO DE NUDOS		NÚMERO DE HOJAS		ALTURA (cm)		PORCENTAJE DE CONTAMINACIÓN		
	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	
7 días	MS + 20 g.L <sup>-1</sup> de fructosa	2	28,55	4	34,05 a	1	33,20 a	0	25,50
	MS + 40 g.L <sup>-1</sup> de fructosa	2	31,65	4	32,50 ab	2	36,55 a	0	25,50
	MS + 60 g.L <sup>-1</sup> de fructosa	1	20,75	2	20,05 bc	0	17,00 bc	0	25,50
	MS + 80 g.L <sup>-1</sup> de fructosa	1	19,30	1	15,35 c	0	14,00 c	0	25,50
	Sin fructosa	2	27,25	3	25,55 abc	1	26,75 ab	0	25,50
14 días	MS + 20 g.L <sup>-1</sup> de fructosa	3	32,30 a	5	30,80 a	2	35,25 a	0	25,50
	MS + 40 g.L <sup>-1</sup> de fructosa	3	33,25 a	5	34,05 a	2	36,65 a	0	25,50
	MS + 60 g.L <sup>-1</sup> de fructosa	2	16,10 b	3	17,75 b	1	15,40 b	0	25,50
	MS + 80 g.L <sup>-1</sup> de fructosa	2	15,40 b	2	13,05 b	1	12,35 b	0	25,50
	Sin fructosa	3	30,45 a	5	31,85 a	2	27,85 a	0	25,50
21 días	MS + 20 g.L <sup>-1</sup> de fructosa	5	29,80 a	7	33,25 a	4	30,60 a	0	25,00
	MS + 40 g.L <sup>-1</sup> de fructosa	6	33,05 a	7	32,50 a	4	26,35 a	0	25,00
	MS + 60 g.L <sup>-1</sup> de fructosa	4	20,65 ab	4	15,65 b	5	34,10 a	0	25,00
	MS + 80 g.L <sup>-1</sup> de fructosa	3	15,50 b	3	11,80 b	3	24,20 ab	0	27,50

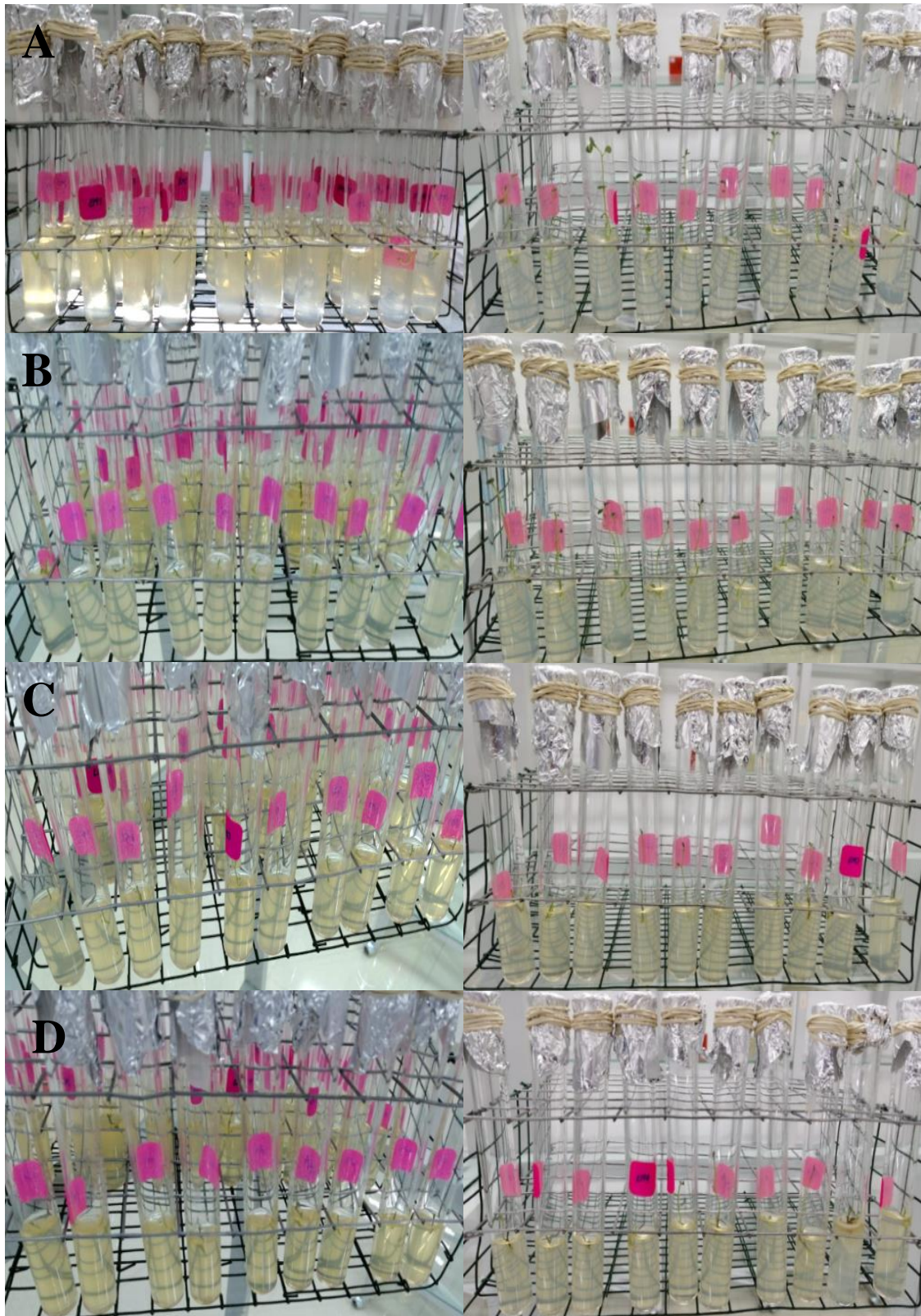
---

<b>Sin fructosa</b>	5	28,50 ab	7	34,30 a	2	12,25 b	0	25,00
---------------------	---	----------	---	---------	---	---------	---	-------

---

**Elaborado por:** Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 15.** Multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de fructosa 20 g.L<sup>-1</sup> (A), 40 g.L<sup>-1</sup> (B), 60 g.L<sup>-1</sup> (C) y 80 g.L<sup>-1</sup> (D) a los 7, 14 y 21 días.



### **3.3.2. Influencia del tipo de auxina sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

#### **3.3.2.1. Influencia del ANA sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

A los 7 días a excepción del uso de 1 ppm de ANA y del control sin ANA, en el resto de los tratamientos aumentó el número de nudos por planta. Por otra parte, excepto al usar 0.75 ppm de ANA y sin ANA en el resto de los tratamientos se incrementó el número de hojas por planta. Así mismo, exceptuando la adición de 0.1 ppm, 0.25 ppm de ANA y del control, en el resto de los tratamientos se observaron plantas con mayor altura. Finalmente, el ANA no influyó en el número de brotes por planta (**Tabla 21 y Figura 16**).

En la evaluación a los 14 días a excepción de los tratamientos correspondientes a 0.5 ppm, 0.75 ppm y 1 ppm de ANA en el resto se incrementó el número de nudos, el número de hojas y la altura de las plantas. Sin embargo, no existió una influencia del ANA sobre el número de brotes (**Tabla 21 y Figura 16**).

A los 21 días el ANA en sus diferentes concentraciones no tuvo influencia sobre las variables respuesta evaluadas (**Tabla 21 y Figura 16**).

**Zaman et al. (2001)** en su investigación determinaron que la mayor longitud de tallo y el mayor número de nudos en papa cv. Desirée se obtuvo con la suplementación de 0,5 mg.L<sup>-1</sup> de ANA en el medio MS. **Pereira y Fortes (2003)** al evaluar la influencia de ANA en la multiplicación *in vitro* aseguraron que no proporcionó una mejora significativa en el incremento de la altura de brote y tasa de multiplicación de *Solanum tuberosum* L. cv. Eliza a los 21 días de cultivo, coincidiendo con estos resultados puesto que a los 21 días del ensayo se observó que no existieron diferencias en las variables medidas entre los tratamientos con ANA y el testigo sin ANA.

**Tabla 21.** Influencia del ácido naftalenacético (ANA) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y número de brotes en la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.

TRATAMIENTOS	NÚMERO DE NUDOS		NÚMERO DE HOJAS		ALTURA (cm)		NÚMERO DE BROTES		
	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	
7 días	MS + 0,1 ppm de ANA	1	35,35 a	2	34,70 a	1	25,65 b	1	29,20
	MS + 0,25 ppm de ANA	1	28,00 ab	1	29,90 a	0	25,45 b	1	23,80
	MS + 0,5 ppm de ANA	0	32,85 a	1	33,05 a	0	37,70 a	1	33,30
	MS + 0,75 ppm de ANA	0	31,95 a	0	26,60 b	0	32,80 a	1	30,25
	MS + 1 ppm de ANA	0	25,70 b	1	28,45 b	0	32,35 a	1	35,60
	Sin ANA	1	29,15 ab	1	30,30 a	1	29,05 ab	1	30,85
14 días	MS + 0,1 ppm de ANA	3	45,30 a	5	43,90 a	3	46,80 a	1	39,40
	MS + 0,25 ppm de ANA	2	32,00 ab	3	31,65 ab	2	32,95 ab	1	31,35
	MS + 0,5 ppm de ANA	1	24,50 b	2	24,75 b	1	23,80 b	1	23,30
	MS + 0,75 ppm de ANA	1	20,20 b	1	20,40 b	0	19,90 b	1	34,50
	MS + 1 ppm de ANA	1	24,40 b	2	26,30 b	0	23,30 b	1	26,10
	Sin ANA	2	36,60 a	4	36,00 a	2	36,25 a	1	28,35

<b>21 días</b>	<b>MS + 0,1 ppm de ANA</b>	5	43,60	6	42,30	5	40,85	2	43,25
	<b>MS + 0,25 ppm de ANA</b>	3	27,10	4	28,20	3	27,70	1	31,20
	<b>MS + 0,5 ppm de ANA</b>	3	28,40	4	26,90	4	31,35	1	25,30
	<b>MS + 0,75 ppm de ANA</b>	2	20,15	3	20,70	2	22,75	1	31,90
	<b>MS + 1 ppm de ANA</b>	3	30,60	5	30,50	4	33,50	1	25,30
	<b>Sin ANA</b>	3	33,15	5	34,40	3	26,85	1	26,05

**Elaborado por:** Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



Elaborado por: Catherine Silva

**Figura 16.** Multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de ANA 0.1 ppm (A), 0.25 ppm (B), 0.5 ppm (C), 0.75 ppm (D) y 1 ppm (E) a los 14 y 21 días.

### **3.3.2.2. Influencia del AIA sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

En la evaluación a los 7, 14 y 21 días de la influencia de la concentración del AIA sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia, se determinó que no existieron diferencias estadísticas significativas entre las diferentes concentraciones de AIA respecto a las variables número de nudos por planta, número de hojas por planta, altura de planta y número de brotes por explante (**Tabla 22 y Figura 17**).

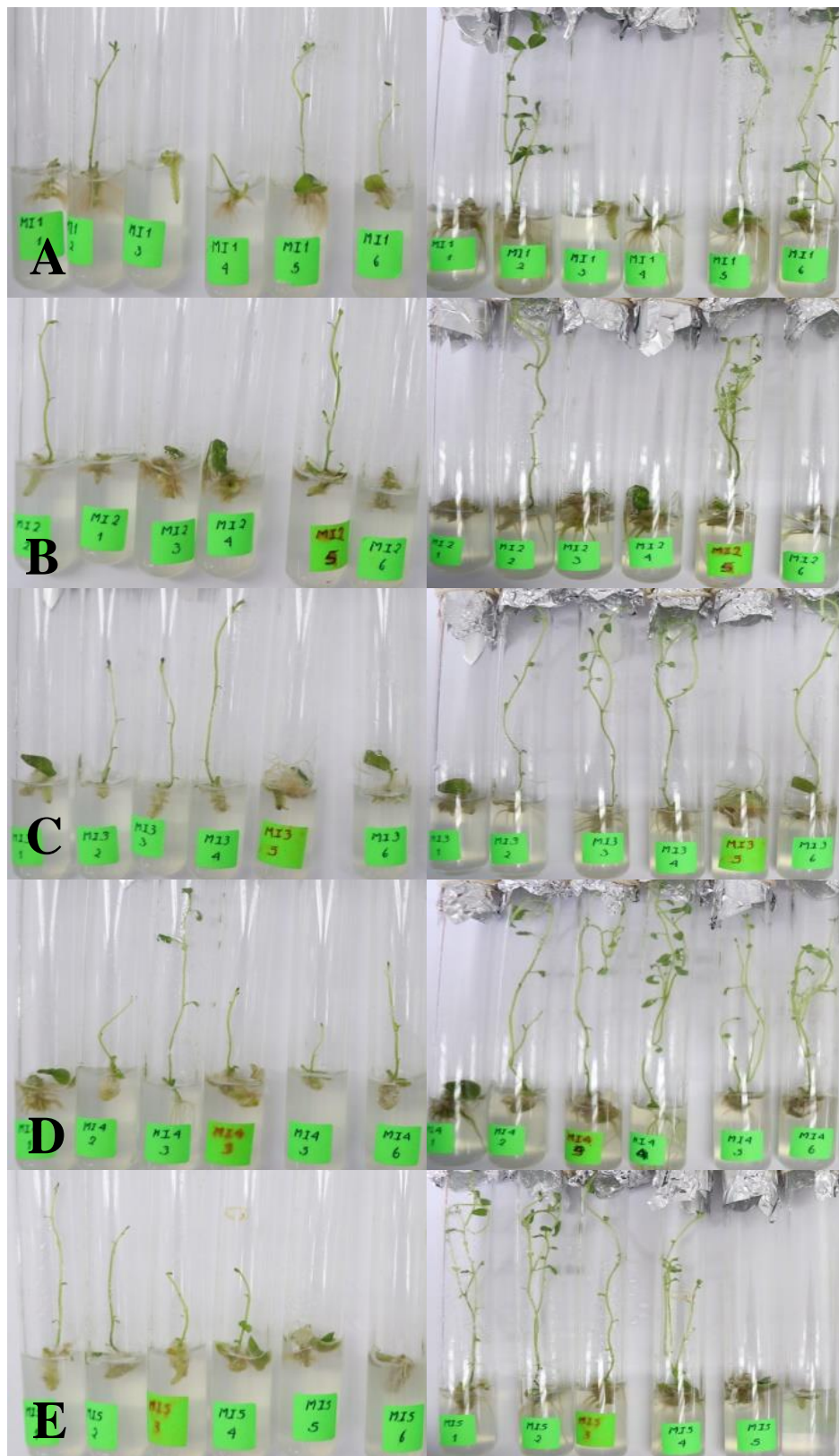
**Tabla 22.** Influencia del ácido indol acético (AIA) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y número de brotes en la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.

TRATAMIENTOS	NÚMERO DE NUDOS		NÚMERO DE HOJAS		ALTURA (cm)		NÚMERO DE BROTES		
	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	
7 días	MS + 0,5 ppm de AIA	1	27,50	1	23,65	1	28,35	1	27,50
	MS + 1 ppm de AIA	1	25,30	2	28,45	1	27,55	1	24,50
	MS + 1,5 ppm de AIA	1	36,00	2	37,60	1	38,85	1	36,50
	MS + 2 ppm de AIA	1	27,50	1	26,95	1	25,70	1	27,50
	MS + 2,5 ppm de AIA	2	39,20	2	36,25	1	29,80	1	33,50
	Sin AIA	1	27,50	2	30,10	1	32,75	1	33,50
14 días	MS + 0,5 ppm de AIA	2	27,50	2	23,65	2	28,35	1	27,50
	MS + 1 ppm de AIA	2	25,30	3	28,45	2	27,55	1	24,50
	MS + 1,5 ppm de AIA	3	36,00	4	37,60	3	38,85	1	36,50
	MS + 2 ppm de AIA	2	27,50	3	26,95	2	25,70	1	27,50
	MS + 2,5 ppm de AIA	3	39,20	4	36,25	2	29,80	1	33,50
	Sin AIA	2	27,50	4	30,10	3	32,75	1	33,50

<b>21 días</b>	<b>MS + 0,5 ppm de AIA</b>	3	25,70	5	28,45	3	25,65	2	29,20
	<b>MS + 1 ppm de AIA</b>	4	28,00	5	26,60	4	25,45	1	23,80
	<b>MS + 1,5 ppm de AIA</b>	5	32,85	6	33,05	6	37,70	2	33,30
	<b>MS + 2 ppm de AIA</b>	4	31,95	6	29,90	6	32,80	2	30,25
	<b>MS + 2,5 ppm de AIA</b>	5	35,35	7	34,70	5	32,35	2	35,60
	<b>Sin AIA</b>	4	29,15	6	30,30	4	29,05	2	30,85

**Elaborado por:** Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



Elaborado por: Catherine Silva

**Figura 17.** Multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de AIA 0.5 ppm (A), 1 ppm (B), 1.5 ppm (C), 2 ppm (D) y 2.5 ppm (E) a los 14 y 21 días.



### **3.3.2.3. Influencia del AIB sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

A los 7 días el AIB no influyó sobre el número de nudos, altura y número de brotes. Por otra parte, al utilizar 0.05 ppm, 0.5 ppm de AIB y en el control se incrementó el número de hojas por planta (**Tabla 23 y Figura 18**).

En la evaluación de los 14 días al usar 0.05 ppm y 0.5 ppm de AIB se incrementó el número de nudos y el número de hojas por planta. Sin embargo, el AIB no influyó sobre la altura ni el número de brotes por planta (**Tabla 23 y Figura 18**).

Por último, a los 21 días al utilizar 0.05 ppm y 0.25 ppm de AIB se incrementó el número de nudos y el número de hojas por planta. Sin embargo, no se observó influencia sobre la altura de la planta, aunque el número de brotes por planta aumentó en los tratamientos que se añadieron 0.05 ppm y 0.25 ppm de AIB (**Tabla 23 y Figura 18**).

Según **Gami et al. (2013)** en su ensayo observaron que la combinación de distintas concentraciones de fitohormonas puede ser beneficiosas para la micropropagación de *Solanum tuberosum* L., obteniendo que el tratamiento con 1 mg.L<sup>-1</sup> de AIB, 1 mg.L<sup>-1</sup> de ANA y 1 mg.L<sup>-1</sup> de kinetina obtuvo los mejores resultados respecto al número de brotes por explante en cultivar K. badshah.

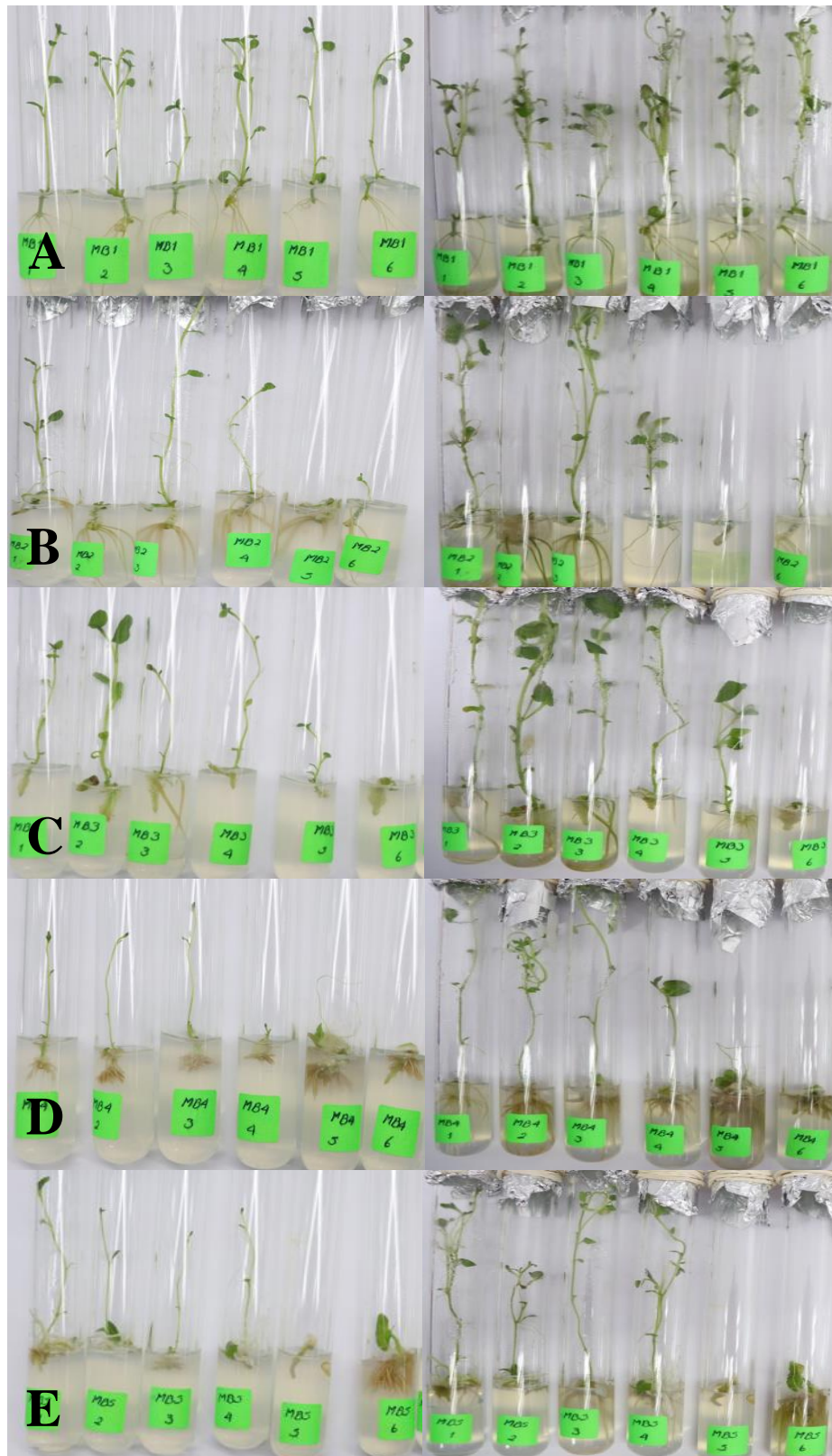
**Tabla 23.** Influencia del ácido indol butírico (AIB) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y número de brotes en la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.

TRATAMIENTOS	NÚMERO DE NUDOS		NÚMERO DE HOJAS		ALTURA (cm)		NÚMERO DE BROTES		
	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	
7 días	MS + 0,05 ppm de AIB	1	34,55	2	34,75 ab	1	34,55	1	35,00
	MS + 0,25 ppm de AIB	1	25,55	1	24,40 b	1	27,15	0	23,00
	MS + 0,5 ppm de AIB	2	43,85	3	45,25 a	1	39,70	1	38,00
	MS + 0,75 ppm de AIB	1	24,10	1	24,05 b	1	22,30	1	26,00
	MS + 1 ppm de AIB	1	24,50	1	22,10 b	1	28,20	1	29,00
	Sin AIB	1	30,45	2	32,45 ab	1	31,10	1	32,00
14 días	MS + 0,05 ppm de AIB	3	39,35 ab	5	39,20 ab	3	39,55	1	36,75
	MS + 0,25 ppm de AIB	2	26,15 bc	3	25,75 bc	3	27,75	1	25,75
	MS + 0,5 ppm de AIB	4	43,70 a	6	45,95 a	3	36,40	1	34,00
	MS + 0,75 ppm de AIB	2	22,60 c	3	22,65 c	1	22,45	1	29,00
	MS + 1 ppm de AIB	2	22,20 c	2	20,05 c	2	27,75	1	28,50
	Sin AIB	2	29,00 bc	3	29,40 bc	2	29,10	1	29,00

21 días	<b>MS + 0,05 ppm de AIB</b>	5	40,95 a	8	42,25 a	5	32,95	3	45,45 a
	<b>MS + 0,25 ppm de AIB</b>	6	44,50 a	8	44,70 a	3	25,70	2	36,55 ab
	<b>MS + 0,5 ppm de AIB</b>	3	25,25 b	4	25,00 b	7	43,80	1	26,05 b
	<b>MS + 0,75 ppm de AIB</b>	3	23,95 b	4	22,40 b	4	28,40	1	21,50 bc
	<b>MS + 1 ppm de AIB</b>	3	21,10 b	4	21,50 b	4	27,00	1	28,35 b
	<b>Sin AIB</b>	4	27,25 b	5	27,15 b	4	25,15	1	25,10 bc

**Elaborado por:** Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



Elaborado por: Catherine Silva

**Figura 18.** Multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de AIB 0.05 ppm (A), 0.25 ppm (B), 0.5 ppm (C), 0.75 ppm (D) y 1 ppm (E) a los 14 y 21 días.

### **3.3.3. Influencia del tipo de giberelina (AG3) sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

#### **3.3.3.1. Influencia del AG3 sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

En la evaluación correspondiente a los 7 días no se observó influencia del AG3 sobre el número de nudos, número de hojas, altura y número de brotes por planta. Sin embargo, a los 14 días el uso de 0.15 ppm de AG3 aumentó el número de nudos y el número de hojas por planta, aunque no se observaron diferencias estadísticas significativas respecto a la altura y el número de brotes por planta (**Tabla 24 y Figura 19**).

Finalmente, a los 21 días al utilizar 0.15 ppm de AG3 se incrementó el número de nudos por planta. Por el contrario, entre los tratamientos evaluados no se observó influencia del AG3 sobre el número de hojas, altura de la planta y tampoco en el número de brotes por planta (**Tabla 24 y Figura 19**).

**Pereira y Fortes (2003)** en su investigación establecieron un protocolo para la propagación de *Solanum tuberosum* L. utilizando medio de cultivo líquido con diferentes concentraciones de hormonas y observaron que el medio MS suplementado con 0,25 mg.L<sup>-1</sup> de AG3, 5 mg.L<sup>-1</sup> de ácido pantoténico, 1 mg.L<sup>-1</sup> de tiamina y 20 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa y bajo agitación constante obtuvo mejores resultados en la multiplicación *in vitro*. Mientras que, **Ali et al. (2018)** mencionaron que una concentración de 0,1 ppm de AG3 incrementó significativamente la altura de planta, así como también el número de nudos y hojas, además los resultados mostraron que las altas concentraciones de AG3 provocaron una disminución de hojas y nudos por explante. Por otra parte, **Rabbani et al. (2001)** aseguraron que la concentración de 4 mg.L<sup>-1</sup> de AG3 incrementó la longitud de brotes en el cultivo *in vitro* de papa variedad Desiree a diferencia de las concentraciones bajas de AG3.

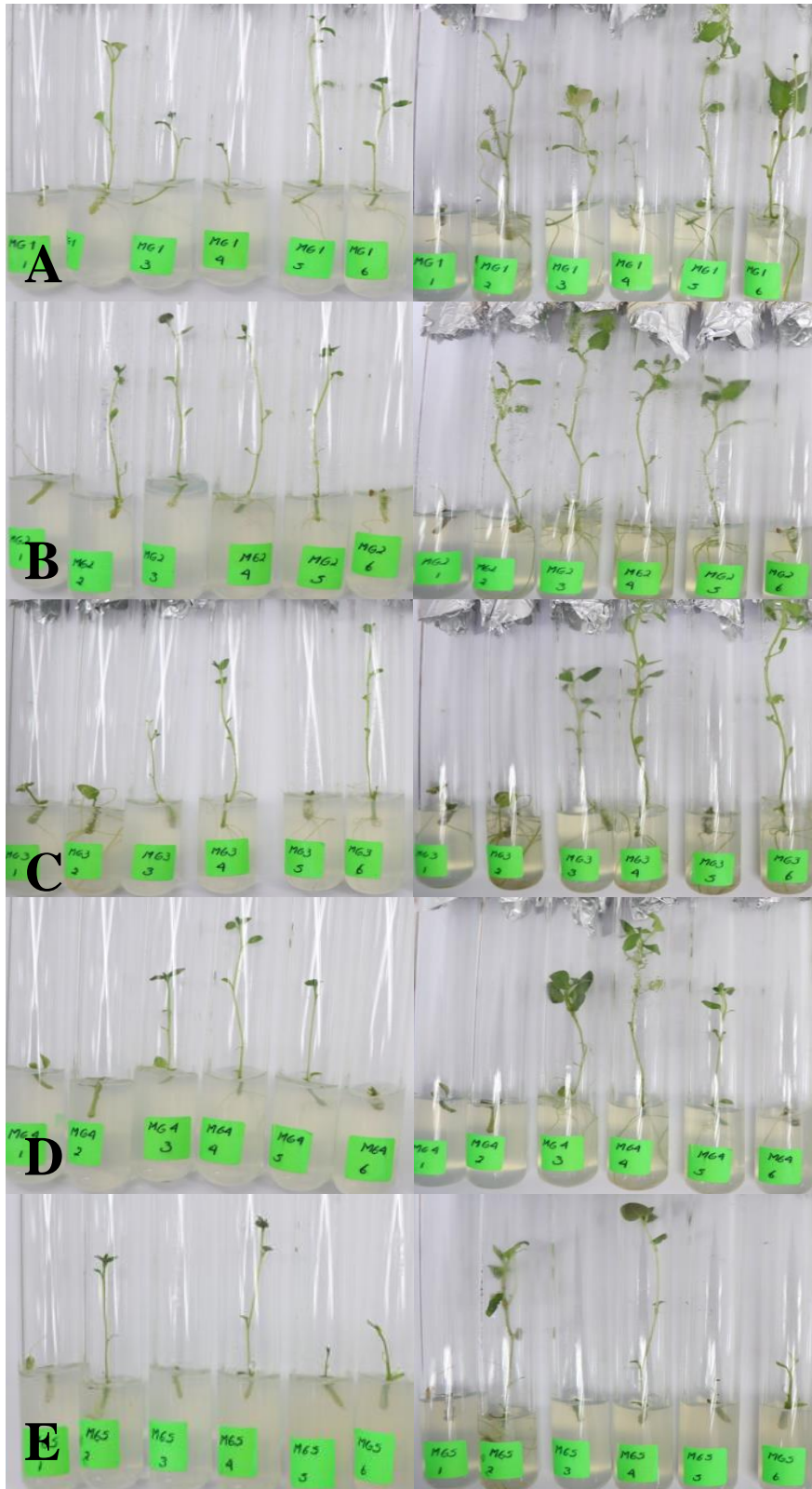
**Tabla 24.** Influencia del ácido giberélico (AG3) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y número de brotes en la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.

TRATAMIENTOS	NÚMERO DE NUDOS		NÚMERO DE HOJAS		ALTURA (cm)		NÚMERO DE BROTES		
	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	
<b>7 días</b>	<b>MS + 0,15 ppm de AG3</b>	2	40,65	3	42,95	2	44,95	1	35,00
	<b>MS + 0,20 ppm de AG3</b>	1	22,70	1	25,15	1	29,65	1	26,00
	<b>MS + 0,25 ppm de AG3</b>	1	29,35	2	28,50	1	29,60	1	29,00
	<b>MS + 0,30 ppm de AG3</b>	1	26,60	1	27,25	1	30,25	1	26,00
	<b>MS + 0,35 ppm de AG3</b>	1	28,80	1	26,25	1	23,05	1	32,00
	<b>Sin AG3</b>	1	34,90	2	32,90	1	25,50	1	35,00
<b>14 días</b>	<b>MS + 0,15 ppm de AG3</b>	4	45,30 a	5	46,05 a	5	44,75	1	40,30
	<b>MS + 0,20 ppm de AG3</b>	2	24,70 bc	3	27,10 bc	2	28,00	1	23,90
	<b>MS + 0,25 ppm de AG3</b>	2	33,65 b	3	32,00 b	3	31,35	1	29,70
	<b>MS + 0,30 ppm de AG3</b>	2	25,35 bc	3	26,30 bc	3	29,75	1	26,80
	<b>MS + 0,35 ppm de AG3</b>	2	22,75 c	2	22,35 c	1	22,45	1	29,70
	<b>Sin AG3</b>	2	31,25 b	3	29,20 bc	2	26,70	1	32,60

21 días	<b>MS + 0,15 ppm de AG3</b>	6	45,00 a	8	43,60	6	43,50	2	41,35
	<b>MS + 0,20 ppm de AG3</b>	3	27,35 b	4	26,55	4	31,10	1	25,75
	<b>MS + 0,25 ppm de AG3</b>	3	31,40 b	5	32,75	4	30,90	1	33,00
	<b>MS + 0,30 ppm de AG3</b>	3	25,70 b	4	27,65	4	28,75	1	26,80
	<b>MS + 0,35 ppm de AG3</b>	3	21,50 b	4	22,25	2	21,15	1	23,35
	<b>Sin AG3</b>	4	32,05 ab	5	30,20	3	27,60	1	32,75

**Elaborado por:** Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



Elaborado por: Catherine Silva

**Figura 19.** Multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de AG3 0.15 ppm (A), 0.20 ppm (B), 0.25 ppm (C), 0.30 ppm (D) y 0.35 ppm (E) a los 14 y 21 días.



### **3.3.4. Influencia del tipo de citoquinina sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de papa *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

#### **3.3.4.1. Influencia del TDZ sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

En la evaluación a los 7, 14 y 21 días de la influencia de la concentración del TDZ sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia, se determinó que no existieron diferencias estadísticas significativas entre las diferentes concentraciones de TDZ al evaluar el número de nudos por planta, número de hojas por planta, altura de planta y número de brotes por explante (**Tabla 25 y Figura 20**).

**Sajid y Faheem (2009)** en su investigación emplearon diferentes concentraciones de TDZ ( $10^{-8}$ ,  $10^{-9}$  y  $10^{-10}$  M) y determinaron que la adición de  $10^{-10}$  de TDZ al medio MS incrementó la longitud del brote y de la raíz, el peso fresco y seco en plantas de papa del cv. Desirée, la concentración de  $10^{-8}$  obtuvo el valor más alto para la variable número de nudos, estos resultados demostraron que el TDZ actuó favorablemente a concentraciones muy bajas. **Khadiga et al. (2015)** utilizaron explantes de *Solanum tuberosum* cv. Almera y Diamante de 1 a 2 cm con 2 nudos inoculados en un medio MS más la combinación de diferentes dosis de TDZ y auxinas, observaron el mayor número de brotes por explante en el cv. Almera suplementado con  $3,0 \text{ mg.L}^{-1}$  de TDZ en combinación con  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  de ANA.

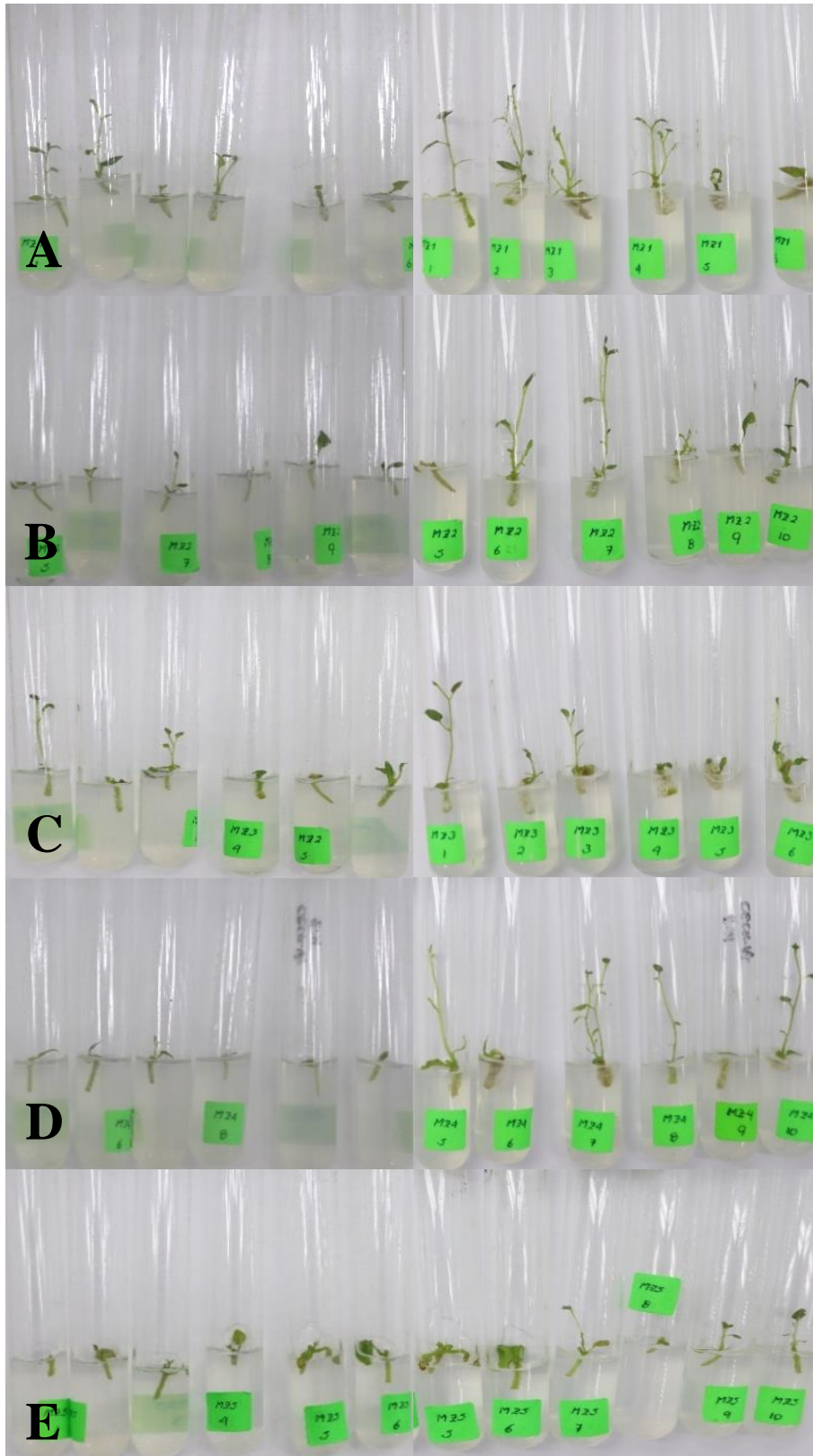
**Tabla 25.** Influencia del Thidiazuron (TDZ) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y número de brotes en la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.

TRATAMIENTOS	NÚMERO DE NUDOS		NÚMERO DE HOJAS		ALTURA (cm)		NÚMERO DE BROTES		
	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	
7 días	MS + 1 ppm de TDZ	1	34,50	2	34,30	1	32,25	1	28,50
	MS + 2 ppm de TDZ	1	30,25	2	35,20	1	34,65	1	31,50
	MS + 3 ppm de TDZ	1	27,75	1	29,55	0	27,40	1	28,50
	MS + 4 ppm de TDZ	1	27,75	1	27,50	0	24,60	1	31,50
	MS + 5 ppm de TDZ	1	25,50	1	21,25	0	27,05	1	28,50
	Sin TDZ	1	37,25	2	35,20	1	37,05	1	34,50
14 días	MS + 1 ppm de TDZ	2	33,20	3	33,35	1	31,05	1	31,25
	MS + 2 ppm de TDZ	2	33,45	3	32,30	1	31,10	1	28,80
	MS + 3 ppm de TDZ	2	27,30	3	27,40	1	26,35	1	28,80
	MS + 4 ppm de TDZ	2	28,60	3	31,00	1	28,45	1	31,25
	MS + 5 ppm de TDZ	2	25,55	2	24,85	1	24,00	1	31,25
	Sin TDZ	2	34,90	3	34,10	2	42,05	1	31,65

<b>21 días</b>	<b>MS + 1 ppm de TDZ</b>	4	35,05	6	36,60	2	32,20	2	36,70
	<b>MS + 2 ppm de TDZ</b>	3	33,50	5	31,50	2	32,00	2	32,30
	<b>MS + 3 ppm de TDZ</b>	3	32,25	5	34,85	2	30,25	1	30,60
	<b>MS + 4 ppm de TDZ</b>	3	29,40	5	29,45	2	30,40	1	28,20
	<b>MS + 5 ppm de TDZ</b>	2	21,35	3	18,50	1	18,40	1	22,60
	<b>Sin TDZ</b>	3	31,45	5	32,10	3	39,75	1	32,60

**Elaborado por:** Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



Elaborado por: Catherine Silva

**Figura 20.** Multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de TDZ 1 ppm (A), 2 ppm (B), 3 ppm (C), 4 ppm (D) y 5 ppm (E) a los 14 y 21 días.

#### **3.3.4.2. Influencia del 6-BAP sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

En la evaluación a los 7, 14 y 21 días de la influencia de la concentración de 6-BAP sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia, se determinó que no existieron diferencias estadísticas significativas entre las diferentes concentraciones de 6-BAP al evaluar el número de nudos por planta, número de hojas por planta, altura de planta y número de brotes por explante (**Tabla 26 y Figura 21**).

En el trabajo realizado por **Pineda et al., (2021)** mencionaron que la adición de concentraciones de entre 0,5 a 1 mg.L<sup>-1</sup> de 6- Bencilaminopurina (BAP) al medio MS para la multiplicación *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. grupo Phureja no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables: altura de planta y número de nudos, coincidiendo nuestros resultados con estos investigadores. Por otra parte, **James (2022)** manifestó que al evaluar la longitud de brote, número de brotes, número de raíces y longitud radicular determinó que el tratamiento compuesto por 0.2 mg.L<sup>-1</sup> de ANA y 0.5 mg.L<sup>-1</sup> de BAP presentó los mejores resultados.

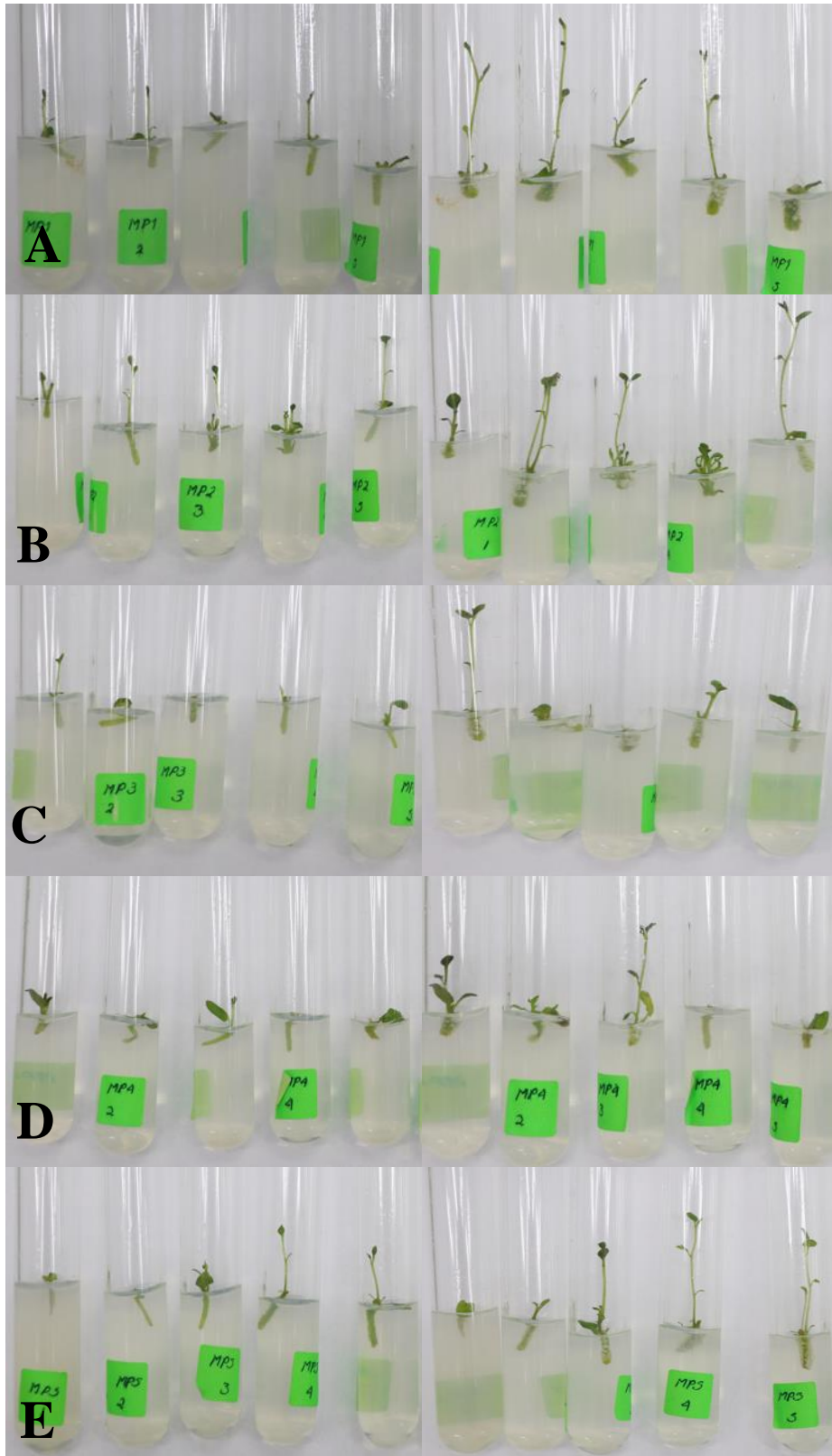
**Tabla 26.** Influencia del 6-bencilaminopurina (6-BAP) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y número de brotes en la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.

TRATAMIENTOS	NÚMERO DE NUDOS		NÚMERO DE HOJAS		ALTURA (cm)		NÚMERO DE BROTES		
	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	
7 días	MS + 0,3 ppm de 6-BAP	1	29,55	2	31,60	1	33,45	1	29,30
	MS + 0,4 ppm de 6-BAP	2	39,45	3	37,40	1	36,40	1	37,35
	MS + 0,5 ppm de 6-BAP	1	19,15	1	18,30	0	18,05	1	24,10
	MS + 0,6 ppm de 6-BAP	1	23,80	2	27,90	1	26,60	1	29,80
	MS + 0,7 ppm de 6-BAP	2	36,05	3	32,45	1	34,65	1	32,65
	Sin 6-BAP	2	35,00	3	35,35	1	33,85	1	29,80
14 días	MS + 0,3 ppm de 6-BAP	3	30,75	4	30,45	3	36,85	1	28,65
	MS + 0,4 ppm de 6-BAP	3	41,85	6	40,10	2	33,25	2	41,55
	MS + 0,5 ppm de 6-BAP	2	20,10	3	20,80	1	17,60	1	24,05
	MS + 0,6 ppm de 6-BAP	2	25,00	4	27,45	1	23,50	1	28,60
	MS + 0,7 ppm de 6-BAP	2	31,85	4	33,20	2	33,65	1	33,85
	Sin 6-BAP	3	33,45	4	31,00	3	38,15	1	26,30

<b>21 días</b>	<b>MS + 0,3 ppm de 6-BAP</b>	4	35,70	6	32,70	3	33,90	3	39,60
	<b>MS + 0,4 ppm de 6-BAP</b>	5	35,80	8	40,35	3	34,55	3	35,75
	<b>MS + 0,5 ppm de 6-BAP</b>	3	21,00	4	23,60	2	18,85	2	27,95
	<b>MS + 0,6 ppm de 6-BAP</b>	3	25,40	5	26,80	2	26,75	1	25,20
	<b>MS + 0,7 ppm de 6-BAP</b>	4	31,05	6	31,30	2	28,60	2	31,15
	<b>Sin 6-BAP</b>	4	34,05	5	28,25	4	40,35	1	23,35

**Elaborado por:** Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



Elaborado por: Catherine Silva

**Figura 21.** Multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de 6-BAP 0.3 ppm (A), 0.4 ppm (B), 0.5 ppm (C), 0.6 ppm (D) y 0.7 ppm (E) a los 14 y 21 días.



### 3.3.4.3. Influencia de la Zeatina sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de papa *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

A los 7 días no se observaron diferencias estadísticas significativas, las concentraciones de Zeatina no tuvieron influencia sobre el número de nudos, número de hojas, altura y número de brotes por planta. Sin embargo, a los 14 días cuando se utilizó 0.05 ppm, 0.1 ppm y 0.15 ppm de Zeatina aumentó el número de nudos por planta. Algo similar sucedió con la altura de la planta a excepción que en esta no hubo diferencias con el control. Por otra parte, no se observó influencia de la Zeatina sobre el número de hojas y el número de brotes por planta (**Tabla 27 y Figura 22**).

En la evaluación correspondiente a los 21 días las concentraciones de Zeatina no influyeron en el número de nudos y número de brotes por planta. Con 0.05 ppm y 0.1 ppm de Zeatina se incrementó el número de hojas por planta. A excepción del uso de 0.25 ppm de Zeatina el resto de los tratamientos y el control aumentaron la altura de la planta (**Tabla 27 y Figura 22**).

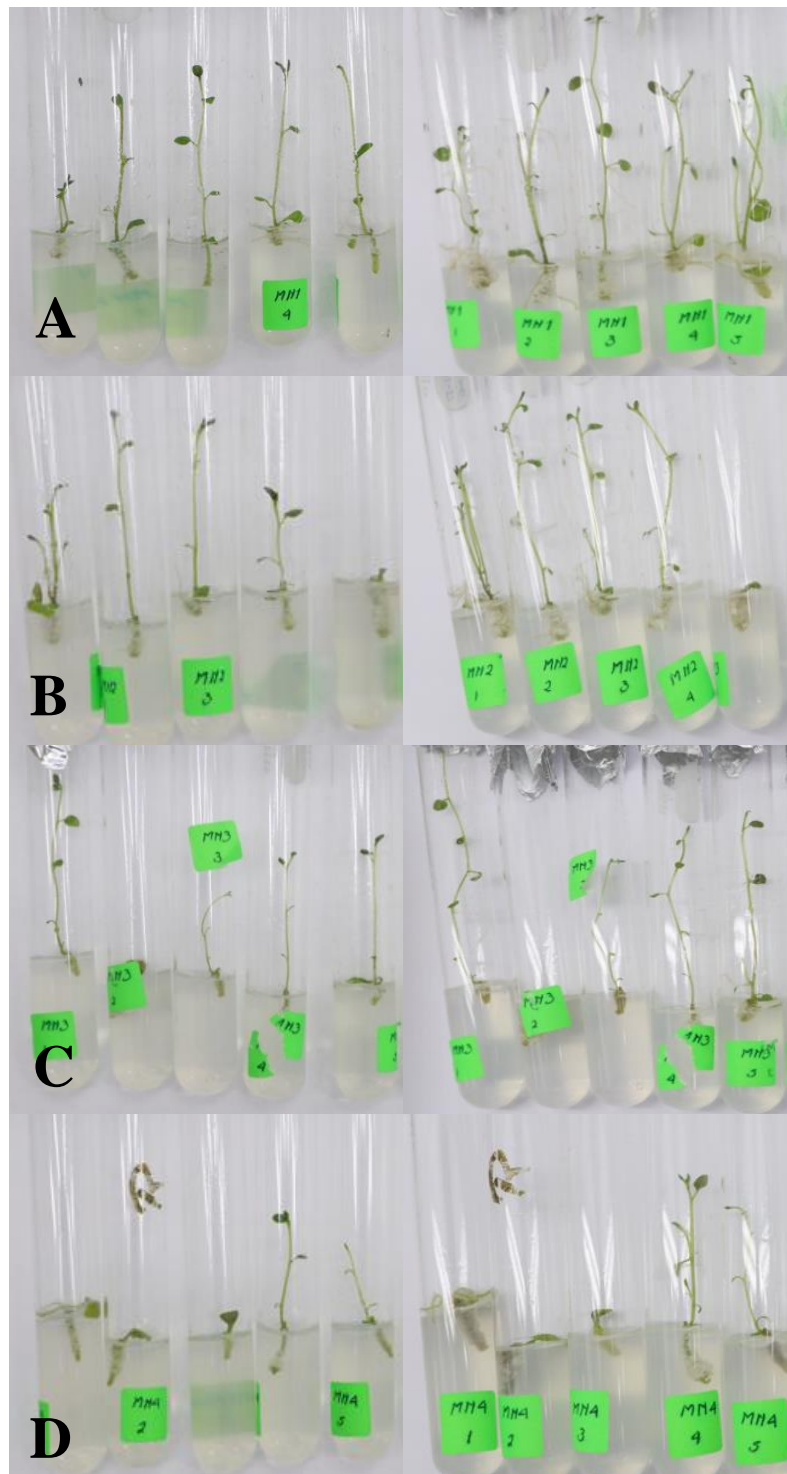
En el trabajo de **Pal et al. (2012)** sobre la multiplicación *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. señalaron que los mejores resultados para la variable número de brotes se obtuvieron con la concentración de 0,1 mg.L<sup>-1</sup> de Zeatina + 0,5 mg.L<sup>-1</sup> de ácido 2, 3, 5 triyodo benzoico (TIBA), además las concentraciones más altas de Zeatina provocaron un bajo número de brotes por explante.

**Tabla 27.** Influencia de la Zeatina (Z) sobre el número de nudos, número de hojas, altura de planta y número de brotes en la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.

	TRATAMIENTOS	NÚMERO DE NUDOS		NÚMERO DE HOJAS		ALTURA (cm)		NÚMERO DE BROTES	
		$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio
7 días	MS + 0,05 ppm de Z	2	29,90	3	27,90	1	33,20	1	31,95
	MS + 0,1 ppm de Z	2	29,90	3	28,25	1	30,75	1	30,00
	MS + 0,15 ppm de Z	2	27,60	2	26,75	1	24,95	1	22,80
	MS + 0,25 ppm de Z	1	15,45	1	16,65	0	14,45	0	15,60
	Sin Z	1	24,65	3	27,95	1	24,15	1	27,15
14 días	MS + 0,05 ppm de Z	3	29,25 ab	5	28,20	4	28,35 a	1	31,20
	MS + 0,1 ppm de Z	3	34,20 a	5	30,70	4	29,75 a	1	29,70
	MS + 0,15 ppm de Z	3	27,65 ab	4	28,70	3	24,10 ab	1	23,25
	MS + 0,25 ppm de Z	1	13,00 c	2	14,90	1	13,30 b	1	16,45
	Sin Z	3	23,40 b	4	25,00	4	32,00 a	1	26,90
21 días	MS + 0,05 ppm de Z	5	31,55	8	33,70 a	5	25,25 a	2	32,80 a
	MS + 0,1 ppm de Z	5	28,80	7	31,75 ab	5	29,45 a	2	34,75 a
	MS + 0,15 ppm de Z	4	27,45	6	23,00 bc	5	28,85 a	1	19,90 b
	MS + 0,25 ppm de Z	2	14,35	3	15,65 c	2	11,40 b	1	17,55 b
	Sin Z	4	25,35	6	23,40 bc	6	32,55 a	1	22,50 b

Elaborado por: Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 22.** Multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de Zeatina 0.05 ppm (A), 0.1 ppm (B), 0.15 ppm (C) y 0.25 ppm (D) a los 14 y 21 días.

### **3.4. Inducción del enraizamiento *in vitro* de plantas de papa multiplicadas.**

#### **3.4.1. Influencia del tipo de auxina sobre el enraizamiento *in vitro* de plantas multiplicadas de papa *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

##### **3.4.1.1. Influencia del ANA sobre el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

A los 7 días con el uso de 0.01 ppm y 0.05 ppm de ANA se incrementó el número de raíces sumergidas y su longitud. Sin embargo, el ANA no influyó sobre el número de raíces aéreas ni en su longitud (**Tabla 28 y Figura 23**).

A los 14 días al utilizar 0.01 ppm y 0.05 ppm de ANA se incrementaron el número de raíces sumergidas, algo similar sucedió con su longitud, aunque para esta variable no existieron diferencias estadísticas significativas respecto al control. Por otro lado, con 1 ppm de ANA aumentó el número de raíces aéreas, mientras que las concentraciones de ANA no influyeron sobre la longitud de las raíces aéreas (**Tabla 28 y Figura 23**).

Finalmente, en la evaluación correspondiente a los 21 días el ANA no tuvo influencia sobre el número de raíces sumergidas y tampoco sobre la longitud de las raíces aéreas. sin embargo, al utilizar 0.01 ppm y 0.05 ppm de ANA aumentó la longitud de las raíces sumergidas, mientras que el número de raíces aéreas se incrementó con 1 ppm de ANA (**Tabla 28 y Figura 23**).

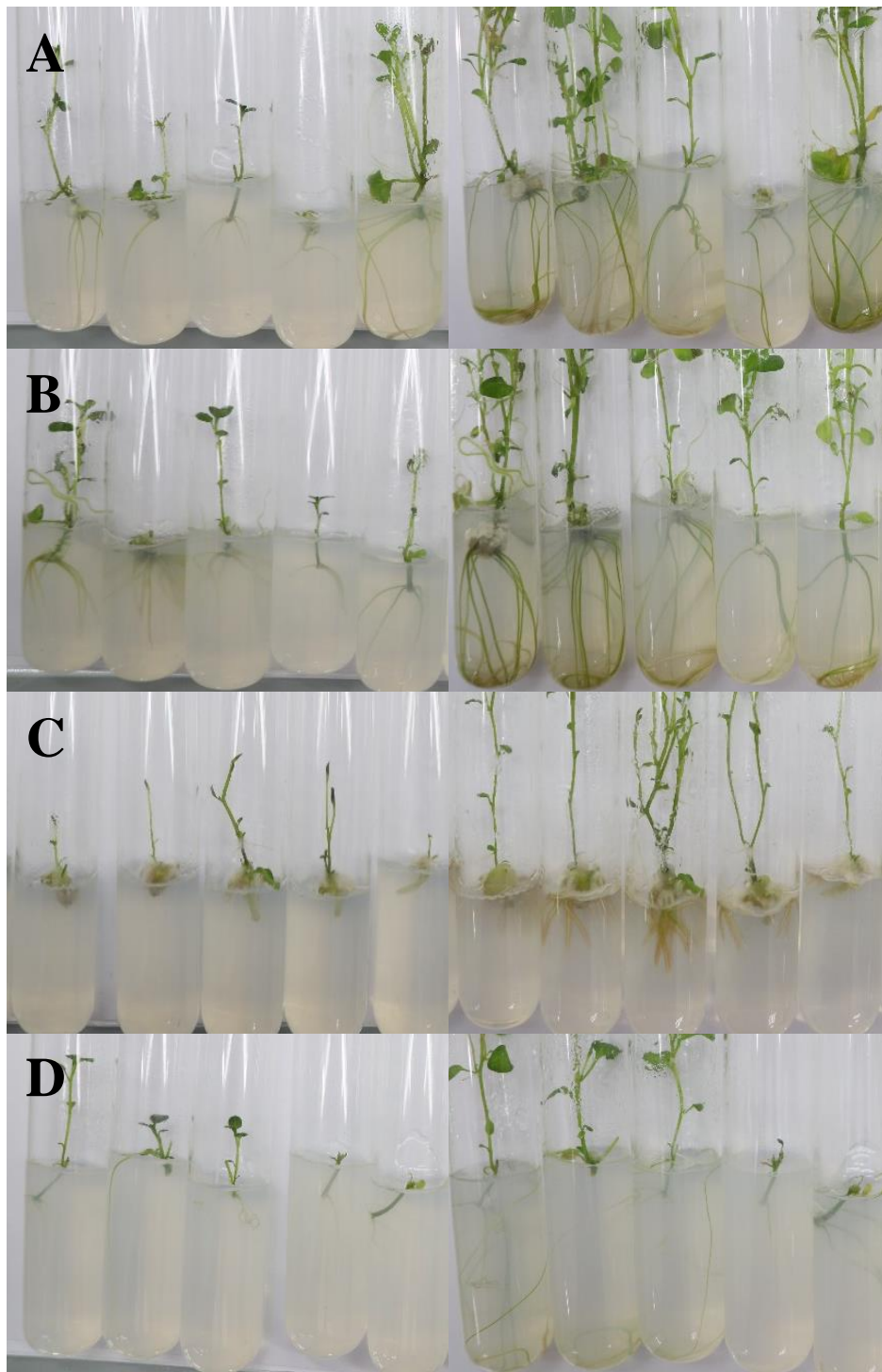
Según **Arellano et al. (2010)** es indispensable que el enraizamiento de las plantas *in vitro* sea inducido dentro del medio de cultivo MS, puesto que de ello depende que se obtenga una mayor viabilidad, debido a que las raíces aseguran un buen anclaje en el sustrato y un mejor establecimiento en la etapa de aclimatación.

**Tabla 28.** Influencia del ácido naftalenacético (ANA) sobre el número de raíces sumergidas, longitud de raíces sumergidas, número de raíces aéreas y longitud de raíces aéreas en el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.

TRATAMIENTOS	NÚMERO DE RAÍCES SUMERGIDAS		LONGITUD DE RAÍCES SUMERGIDAS		NÚMERO DE RAÍCES AÉREAS		LONGITUD DE RAÍCES AÉREAS		
	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	
7 días	MS + 0,01 ppm de ANA	2	24,50 ab	1	30,15 a	1	22,95	0	24,25
	MS + 0,05 ppm de ANA	3	30,70 a	1	27,50 a	0	19,45	0	19,95
	MS + 1 ppm de ANA	0	8,00 c	0	8,00 c	1	24,10	0	22,30
	Sin ANA	1	18,80 b	0	16,35 b	0	15,50	0	15,50
14 días	MS + 0,01 ppm de ANA	5	27,05 a	2	28,95 a	1	20,65 b	1	23,50
	MS + 0,05 ppm de ANA	6	28,70 a	2	25,10 a	1	18,15 b	1	20,90
	MS + 1 ppm de ANA	0	6,00 b	0	6,00 b	3	30,45 a	0	23,55
	Sin ANA	3	20,25 b	1	21,95 a	0	12,75 b	0	14,05
21 días	MS + 0,01 ppm de ANA	7	25,60	3	27,20 a	2	20,85 b	1	23,95
	MS + 0,05 ppm de ANA	8	24,95	4	32,60 a	1	19,95 b	1	23,75
	MS + 1 ppm de ANA	4	14,90	1	6,45 c	3	28,70 a	1	20,75
	Sin ANA	4	16,55	2	15,75 b	0	12,50 c	0	13,55

Elaborado por: Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 23.** Enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de ANA 0.01 ppm (A), 0.05 ppm (B), 1 ppm (C) y Control (D) a los 14 y 21 días.

### **3.4.1.2. Influencia del AIA sobre el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

A los 7 días cuando no se adicionó AIA al medio MS se incrementó el número de raíces sumergidas y la longitud de éstas. Sin embargo, no influyó sobre el número de raíces aéreas y tampoco sobre la longitud de éstas (**Tabla 29 y Figura 24**).

A los 14 días el medio MS sin AIA incrementó el número de raíces sumergidas y su longitud. Cuando se añadieron 1 ppm, 1.25 ppm y 1.50 ppm de AIA aumentó el número de raíces aéreas, mientras que, no existió diferencias estadísticas significativas en su longitud (**Tabla 29 y Figura 24**).

Por último, a los 21 días cuando se utilizó 0.5 ppm de AIA y en el control sin AIA aumentó el número de raíces sumergidas. En el control sin AIA se incrementó la longitud de las raíces sumergidas. En todas las concentraciones de AIA se incrementaron las raíces aéreas. Sin embargo, el AIA no influyó sobre la longitud de las raíces aéreas (**Tabla 29 y Figura 24**).

**Khadiga et al. (2009)** en su investigación analizaron las concentraciones de distintas auxinas y determinaron que el medio MS sin adición de auxinas, así como las concentraciones de las auxinas utilizadas indujeron la formación de raíces, sin embargo, se observó que en el medio sin auxina se obtuvo un 100% de enraizamiento y una mayor longitud de raíz, coincidiendo con esta investigación ya que se registró una mayor longitud radicular en el medio MS sin AIA.

**Tabla 29.** Influencia del ácido indolacético (AIA) sobre el número de raíces sumergidas, longitud de raíces sumergidas, número de raíces aéreas y longitud de raíces aéreas en el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.

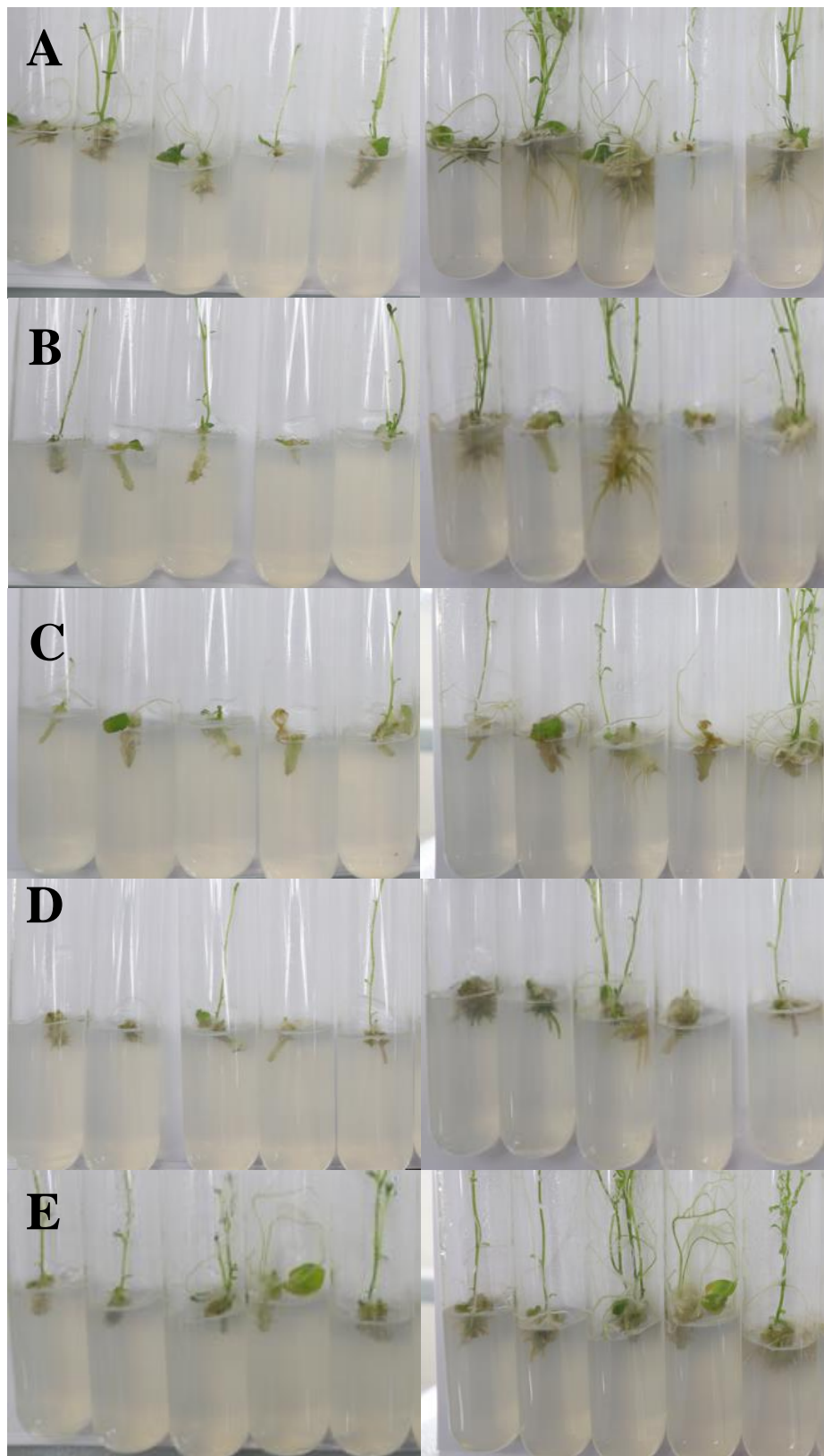
TRATAMIENTOS	NÚMERO DE RAÍCES SUMERGIDAS		LONGITUD DE RAÍCES SUMERGIDAS		NÚMERO DE RAÍCES AÉREAS		LONGITUD DE RAÍCES AÉREAS		
	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	
7 días	MS + 0,5 ppm de AIA	0	28,30 b	0	27,65 b	1	33,10	0	33,40
	MS + 0,75 ppm de AIA	0	25,50 b	0	25,00 b	0	23,50	0	23,50
	MS + 1 ppm de AIA	0	28,30 b	0	27,65 b	1	38,10	0	37,85
	MS + 1,25 ppm de AIA	0	25,50 b	0	25,00 b	0	29,70	0	29,45
	MS + 1,50 ppm de AIA	0	25,50 b	0	25,00 b	1	35,10	0	35,30
	Sin AIA	1	49,90 a	0	52,70 a	0	23,50	0	23,50
14 días	MS + 0,5 ppm de AIA	2	37,60 b	0	36,30 b	2	35,75 a	1	38,35
	MS + 0,75 ppm de AIA	0	21,00 c	0	21,00 c	0	20,50 b	0	20,40
	MS + 1 ppm de AIA	1	26,10 bc	0	26,30 bc	2	37,65 a	1	37,50
	MS + 1,25 ppm de AIA	1	26,70 bc	0	25,90 bc	2	35,65 a	0	32,85
	MS + 1,50 ppm de AIA	0	21,00 c	0	21,00 c	2	33,65 a	1	31,25
	Sin AIA	4	50,60 a	1	52,50 a	0	19,80 b	0	22,65



21 días	<b>MS + 0,5 ppm de AIA</b>	6	44,55 a	2	44,45 b	4	39,35 a	2	44,25
	<b>MS + 0,75 ppm de AIA</b>	4	29,70 bc	1	27,60 c	1	24,60 a	1	28,55
	<b>MS + 1 ppm de AIA</b>	2	21,60 c	0	22,35 c	3	37,35 a	1	34,10
	<b>MS + 1,25 ppm de AIA</b>	3	28,35 bc	0	21,35 c	2	29,65 a	1	23,35
	<b>MS + 1,50 ppm de AIA</b>	1	16,95 c	0	16,65 c	3	34,75 a	1	30,40
	<b>Sin AIA</b>	6	41,85 ab	3	50,60 a	1	17,30 b	1	22,35

**Elaborado por:** Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 24.** Enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de AIA 0.5 ppm (A), 0.75 ppm (B), 1 ppm (C), 1.25 ppm (D) y 1.50 ppm (E) a los 14 y 21 días.

### **3.4.1.3. Influencia del AIB sobre el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.**

A los 7 días el AIB no influyó sobre el número de raíces sumergidas y su longitud. Sin embargo, el AIB en todas sus concentraciones aumentó el número de raíces aéreas y su longitud (**Tabla 30 y Figura 25**).

A los 14 días el AIB no influyó sobre el número de raíces sumergidas. Al usar 0.5 ppm de AIB y en el control sin AIB se incrementó la longitud de las raíces sumergidas. A excepción de la concentración de 1.25 ppm de AIB y del control sin esta fitohormona se incrementaron las raíces aéreas. Sin embargo, la longitud de las raíces aéreas fue superior cuando el medio MS contenía 0.5 ppm, 0.75 ppm y 1 ppm de AIB (**Tabla 30 y Figura 25**).

Finalmente, a los 21 días el AIB no influyó sobre el número de raíces sumergidas. Sin embargo, con 0.5 ppm de AIB y en el control sin AIB se incrementó la longitud de las raíces sumergidas. El AIB no influyó sobre el número de raíces aéreas, pero sí determinó la longitud de éstas (**Tabla 30 y Figura 25**).

**Araque et al. (2018)** refirieron que, para la fase de enraizamiento, la adición de 0.02 mg.L<sup>-1</sup> y 0.05 mg.L<sup>-1</sup> de AIB en las variedades Parda Pastuda y Diacol Capiro de *Solanum tuberosum* L. mostraron resultados favorables al incrementar el número promedio y longitud promedio de las raíces. Por otra parte, **Arellano et al. (2010)** manifestaron que en el cultivo *in vitro* de papa no es necesaria la aplicación de reguladores de crecimiento, únicamente tener condiciones mixotróficas, donde se regule la concentración de sacarosa en el medio de cultivo y se controle el fotoperíodo. **Cotes y Ñustez (2001)** argumentaron que este fenómeno puede deberse a que fisiológicamente los segmentos nodales contienen endógenamente una alta concentración de hormonas principalmente auxinas y fotoasimilados, dado que poseen meristemas apicales con un crecimiento activo lo que permite que el enraizamiento se produzca con facilidad y sin la necesidad de fuentes exógenas de auxinas. Nuestros resultados coinciden con los autores antes mencionados.

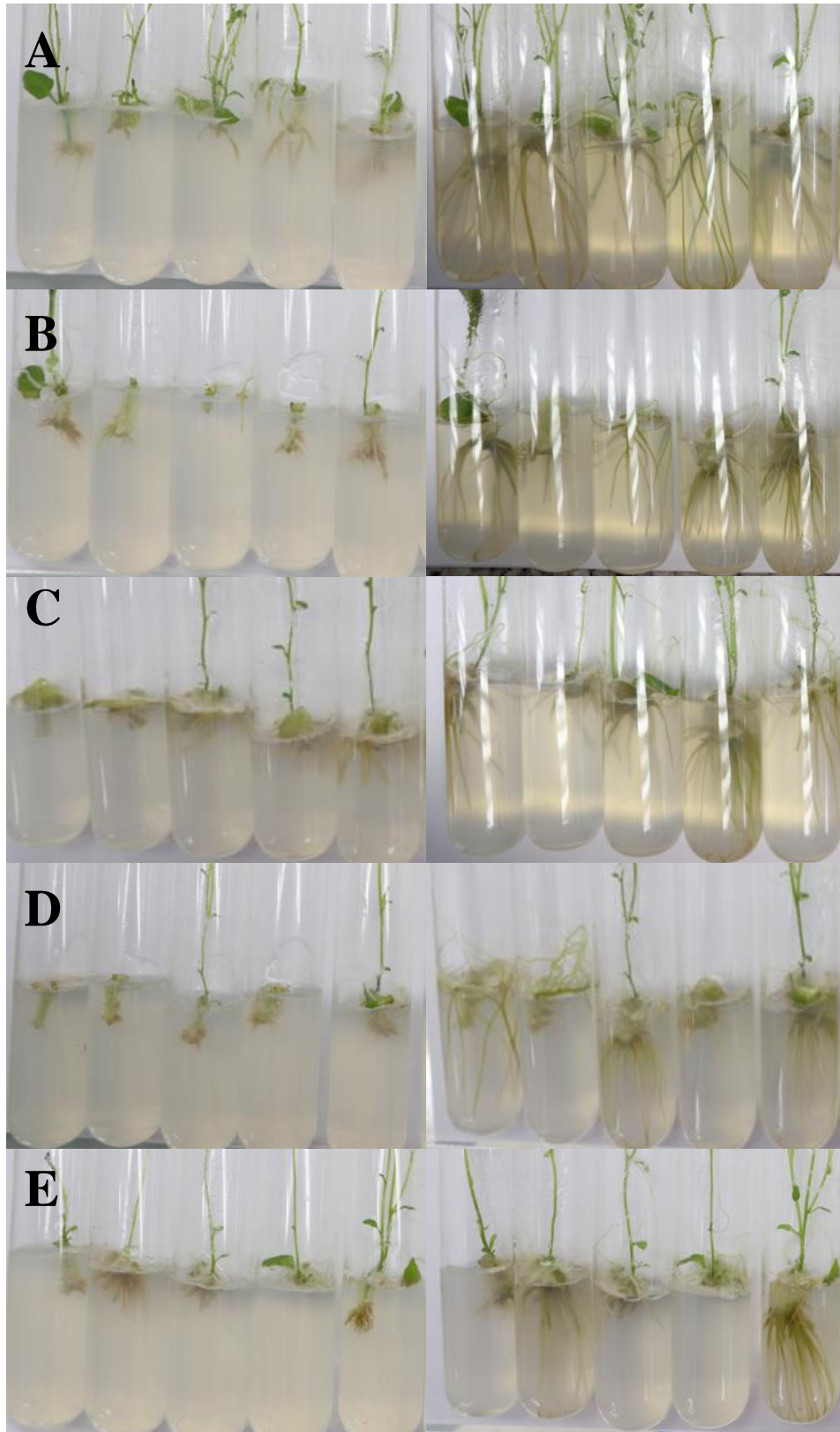
**Tabla 30.** Influencia del ácido indol-3-butírico (AIB) sobre el número de raíces sumergidas, longitud de raíces sumergidas, número de raíces aéreas y longitud de raíces aéreas en el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7, 14 y 21 días.

TRATAMIENTOS	NÚMERO DE RAÍCES SUMERGIDAS		LONGITUD DE RAÍCES SUMERGIDAS		NÚMERO DE RAÍCES AÉREAS		LONGITUD DE RAÍCES AÉREAS		
	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	$\bar{X}$	Rango promedio	
7 días	MS + 0,5 ppm de AIB	1	33,30	0	36,65	1	32,60 a	0	33,20 a
	MS + 0,75 ppm de AIB	1	26,60	0	27,85	1	38,90 a	1	39,60 a
	MS + 1 ppm de AIB	3	37,75	0	32,65	1	36,90 a	0	36,25 a
	MS + 1,25 ppm de AIB	1	24,50	0	22,70	0	24,10 a	0	24,35 a
	MS + 1,50 ppm de AIB	1	23,95	0	23,60	1	29,50 a	0	28,60 a
	Sin AIB	1	36,90	0	39,55	0	21,00 b	0	21,00 b
14 días	MS + 0,5 ppm de AIB	8	41,65	1	43,30 a	3	39,60 a	1	38,80 a
	MS + 0,75 ppm de AIB	4	24,45	1	29,40 b	3	41,50 a	1	43,45 a
	MS + 1 ppm de AIB	7	32,05	0	27,40 b	3	34,30 a	1	34,15 ab
	MS + 1,25 ppm de AIB	4	28,20	0	18,25 b	1	24,20 b	0	24,15 b
	MS + 1,50 ppm de AIB	4	25,45	0	20,95 b	1	26,40 ab	0	25,45 b
	Sin AIB	4	31,20	1	43,70 a	0	17,00 b	0	17,00 b

21 días	<b>MS + 0,5 ppm de AIB</b>	11	34,65	3	47,75 a	4	39,60	1	37,80 a
	<b>MS + 0,75 ppm de AIB</b>	12	33,20	2	31,10 b	3	37,15	1	42,10 a
	<b>MS + 1 ppm de AIB</b>	15	41,90	1	28,10 c	3	31,85	1	31,05 a
	<b>MS + 1,25 ppm de AIB</b>	9	26,65	1	16,40 d	2	29,05	1	29,75 a
	<b>MS + 1,50 ppm de AIB</b>	10	28,65	1	18,35 cd	2	27,85	1	26,60 a
	<b>Sin AIB</b>	6	17,95	2	41,30 ab	1	17,50	0	15,70 b

**Elaborado por:** Catherine Silva

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para  $p < 0,05$  con  $n=10$ .



**Elaborado por:** Catherine Silva

**Figura 25.** Enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia con diferentes concentraciones de AIB 0.5 ppm (A), 0.75 ppm (B), 1 ppm (C), 1.25 ppm (D) y 1.50 ppm (E) a los 14 y 21 días.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

1. Con el uso de etanol, AG3 y Dormex se indujo la brotación de yemas de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.
2. Se establecieron *in vitro* yemas de tubérculos de papa Var. Cecilia sin importar la condición de iluminación utilizada.
3. En algunas concentraciones el ANA y AIA, estimularon el establecimiento *in vitro* de yemas procedentes de tubérculos de papa Var. Cecilia.
4. Algunas concentraciones de sacarosa mejoraron la multiplicación *in vitro* de plantas de papa Var. Cecilia, mientras que la fructosa tuvo un efecto similar.
5. El ANA y el AIB con algunas concentraciones mejoraron la multiplicación *in vitro* de plantas de papa Var. Cecilia.
6. Una baja concentración de AG3 mejoró la multiplicación *in vitro* de plantas de papa Var. Cecilia.
7. La Zeatina con algunas concentraciones mejoraron la multiplicación *in vitro* de plantas de papa Var. Cecilia.
8. El ANA, AIB y AIA con algunas concentraciones estimularon la aparición de raíces aéreas, pero no influyeron en la formación de raíces sumergidas.

## 4.2. RECOMENDACIONES

1. Utilizar la luz blanca fluorescente como fuente de iluminación en la fase de establecimiento *in vitro* de yemas de tubérculos brotados.
2. No utilizar auxinas para la fase de establecimiento *in vitro* de yemas de tubérculos brotados.
3. Utilizar bajas concentraciones de AIB para incrementar el número de brotes por explantes en la fase de multiplicación *in vitro* de plantas de papa Var. Cecilia.
4. Utilizar bajas concentraciones de AG3 y Zeatina para obtener un mayor número de nudos por planta en la fase de multiplicación *in vitro* de plantas de papa Var. Cecilia.
5. No utilizar auxinas para el enraizamiento *in vitro* de plantas de papa Var. Cecilia.



## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Suárez, M., Caballero, I., Alvarado-Capó, Y., y Leiva-Mora, M. (2002). Micobiota epifítica y contaminantes fungosos del establecimiento *in vitro* de la guayaba (*Psidium guajava* L.). *Biotechnología vegetal*, 2(2), 67-71. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/136/115>
- Acosta-Suárez, M., Pichardo, T., Roque, B., Cruz-Martín, M., Mena, E., Leiva-Mora, M., Castro, R. y Alvarado-Capó, Y. (2013). Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma harzianum* Rifai contra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. *Biotechnología Vegetal*, 13(4), 231-235. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/124/104>
- Aksenova, N., Sergeeva, L., Konstantinova, T., Golyanovskaya, S., Kolachevskaya, O. & Romanov, G. (2013). Regulation of potato tuber dormancy and sprouting. *Revista rusa de fisiología vegetal*, 60 (3), 301-312. <https://doi.org/10.1134/S1021443713030023>
- Aldás, M. (2012). *Uso de Insecticidas en el cultivo de papa (Solanum Tuberosum), por los socios de la corporación de asociaciones agropecuarias del cantón Quero* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3939>
- Ali, S., Khan, N., Nouroz, F., Erum, S., Nasim, W. & Shahid, M. (2018). *In vitro* effects of GA3 on morphogenesis of CIP potato explants and acclimatization of plantlets in field. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 54(1), 104–111. doi:10.1007/s11627-017-9874-x
- Altindal, D. & Karadoğan, T. (2010). The effect of carbon sources on *in vitro* microtuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 15(1), 7-11. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/158769>
- Alvarado, Y., Leiva-Mora, M., Dita, A., Acosta, M., Cruz, M., Portal, N., Gómez, R., García, L., Bermúdez, I. & Padrón, J. (2002). Early evaluation of black leaf streak resistance by using mycelial suspensions of *Mycosphaerella fijiensis*. *Mycosphaerella leaf spot diseases of bananas: present status and outlook*, 169.
- Amberger, A. (2013). Cyanamide in plant metabolism. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 5(1), 1-10. <https://academicjournals.org/journal/IJPPB/article-full-text-pdf/5DA916811035>

- Araque, E., Bohórquez, M., Pacheco, J., Correa, L., Urquijo, J., Castañeda, S. & Pacheco, J. (2018). Propagation and *in vitro* tuberization of two varieties of potato. *Ciencia en Desarrollo*, 9(1), 21-31. <http://www.scielo.org.co/pdf/cide/v9n1/0121-7488-cide-9-01-21.pdf>
- Arellano, M., Villavicencio, E., y García, S. (2010). Producción de plántulas y semilla prebásica de variedades comerciales de papa libres de enfermedades. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*. <https://www.compucampo.com/tecnicos/produccionplantulas-papa.pdf>
- Bahmani, R., Karami, O. & Gholami, M. (2009). Influence of Carbon Sources and Their Concentrations on Rooting and Hyperhydricity of Apple Rootstock MM.106. *World Applied Sciences Journal*, 6(11), 1513-1517. [https://www.researchgate.net/profile/Reza-Bahmani/publication/270508581\\_Influence\\_of\\_Carbon\\_Sources\\_and\\_Their\\_Concentrations\\_on\\_Rooting\\_and\\_Hyperhydricity\\_of\\_Apple\\_Rootstock\\_MM106/links/54ac1c00cf2479c2ee769aa/Influence-of-Carbon-Sources-and-Their-Concentrations-on-Rooting-and-Hyperhydricity-of-Apple-Rootstock-MM106.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Reza-Bahmani/publication/270508581_Influence_of_Carbon_Sources_and_Their_Concentrations_on_Rooting_and_Hyperhydricity_of_Apple_Rootstock_MM106/links/54ac1c00cf2479c2ee769aa/Influence-of-Carbon-Sources-and-Their-Concentrations-on-Rooting-and-Hyperhydricity-of-Apple-Rootstock-MM106.pdf)
- Barani, M., Akbari, N. & Ahmadi, H. (2013). The effect of gibberellic acid (GA3) on seed size and sprouting of potato tubers (*Solanum tuberosum L.*). *African Journal of Agricultural*, 8(29), 3898-3903. <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/A7D5BED34223>
- Basantes, T., Aragón, J., Albuja, L., y Vázquez, L. (2020). Diagnóstico de los costos, rendimientos de producción y comercialización de papa (*Solanum tuberosum L.*) en la Zona 1 del Ecuador, año 2019. *Revista e-Agronegocios*, 6(2). <https://doi.org/10.18845/ea.v6i2.5103>
- Bermúdez-Caraballosa, I., Urquiza, M. y Padrón, A. (2017). Efecto del uso combinado de citoquininas en la formación de yemas adventicias en banano cv. 'Gros Michel' (Musa AAA). *Bioteología Vegetal*, 17(1), 51-56. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/537/1288>
- Caldiz, D., Fernandez, L. & Struik, P. (2001). Physiological age index: a new, simple and reliable index to assess the physiological age of seed potato tubers based on haulm

- killing date and length of the incubation period. *Field Crops Research*, 69(1), 69-79. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00134-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00134-9)
- Cevallos, G. y Mantilla, J. (2008). Levantamiento de plagas insectiles de papa (*Solanum Tuberosum*) en cuatro formaciones ecológicas de la serranía ecuatoriana. Escuela Politecnica del Ejército. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2517>
- Chen, L., Lu, Y., Hu, Y., & Xue, X. (2020). RNA-Seq reveals that sucrose-free medium improves the growth of potato (*Solanum tuberosum* L.) plantlets cultured *in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 140(3), 505-521. <https://doi.org/10.1007/s11240-019-01743-y>
- Claassens, M., Verhees, J., van der Plas, L., van der Krol, A. & Vreugdenhil, D. (2005). Ethanol breaks dormancy of the potato tuber apical bud, *Journal of Experimental Botany*, 56(419), 2515– 2525. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri245>
- Cotes, J. y Ñustez, C. (2001). Evaluación de dos tipos de esquejes en la producción de semilla prebásica de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et. Buk) variedad "yema de huevo". *Agronomía Colombiana*, 18(1-3), 71-77. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21709/22694>
- Cruz-Martín, M., García-Ramírez, Y., Sánchez-García, C., Alvarado-Capó, Y., Acosta-Suárez, M., Roque, B., Leiva-Mora, M. & Freire-Seijo, M. (2007). Identificación y control de *Bacillus sp.*, contaminante del establecimiento *in vitro* de *Guadua angustifolia* Kunth. *Bioteología vegetal*, 7(1), 9-13. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/350/323>
- Demo, P., Kuria, P., Nyende, A. & Kahangi, E. (2008). Table sugar as an alternative lowcost medium component for *in vitro* micro-propagation of potato (*Solanum tuberosum* L.). *African Journal of Biotechnology*, 7(15), 2578-2584. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/59095>
- EFSA. (2010). *Patata*. <https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/patata.pdf>
- Ewing, E., Simko, I., Omer, E. & Davies, P. (2004). Polygene mapping as a tool to study the physiology of potato tuberization and dormancy. *American Journal of Potato Research*, 81(4), 281-289. <https://doi.org/10.1007/BF02871770>

- Gami, R., Parmar, S., Patel, P., Tank, C., Chauhan, R., Bhadauria, H. & Solanki, S. (2013). Microtuberization, minitubers formation and *in vitro* shoot regeneration from bud sprout of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivar K. Badshah. *African Journal of Biotechnology*, 12(38), 5640-5647. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/135744>
- Garay-Arroyo, A., de la Paz Sánchez, M., García-Ponce, B., Álvarez-Buylla, E., y Gutiérrez, C. (2014). La homeostasis de las auxinas y su importancia en el desarrollo de *Arabidopsis thaliana*. *Revista de educación bioquímica*, 33(1), 13-22. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revedubio/reb-2014/reb141c.pdf>
- Gavilán, E. y Ombone, F. (2020). *Obtención de plantines de papa (Solanum tuberosum L) variedad canchan con el sistema autotrófico hidropónico y dos sustratos, en condiciones de invernadero Paucartambo – Pasco*. [Tesis de pregrado, UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN]. Archivo digital. [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2034/4/T026\\_46742931\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2034/4/T026_46742931_T.pdf)
- Igarza, J., Agramonte, D., Alvarado-Capó, Y., de Fera, M. y Pugh, T. (2012). Empleo de métodos biotecnológicos en la producción de semilla de papa. *Bioteología Vegetal*, 12(1), 3–24. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/495/pdf>
- INIAP. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*. <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>
- INIAP. (2021). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5672>
- James, M. (2022). *Efecto de tres elicitores sobre cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en condiciones in vitro y en campo* [Tesis de pregrado, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVA LEÓN]. <http://eprints.uanl.mx/23188/1/1080127281.pdf>
- Jerez, E. y Martín, R. (2012). Comportamiento del crecimiento y el rendimiento de la variedad de papa (*Solanum tuberosum* L.) Spunta. *Cultivos Tropicales*, 33(4), 53-58. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v33n4/ctr07412.pdf>
- Karmakar, S., Zaman, R., Nasiruddin, M. & Hossain, M. (2018). Effect of different illumination types on *in vitro* microplants of potato (*Solanum tuberosum* L.). *European Journal of Biotechnology and Bioscience*, 6(6), 76-80. <https://www.researchgate.net/profile/Md->

Nasiruddin/publication/329744768\_Effect\_of\_different\_illumination\_types\_on\_in\_vitro\_microplants\_of\_potato\_Solanum\_tuberosum\_L/links/5c18e6c04585157ac1cb2d56/Effect-of-different-illumination-types-on-in-vitro-microplants-of-potato-Solanum-tuberosum-L.pdf

Khadiga, G., Rasheid, S. & Mutasim, M. (2009). Effect of Cultivar and Growth Regulator on *In vitro* Micropropagation of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 3(3), 487-492. <http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/aejsa/aejsa/2009/487-492.pdf>

Khadiga, G., Rasheid, S. & Mutasim, M. (2015). Microtuber induction of two potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties namely, Almera and Diamant. *International Research Journal of Biological Sciences*, 4(3), 84-89. [https://www.paperpublications.org/upload/book/Micro\\_Tuber\\_Induction\\_of\\_Two\\_Potato-163.pdf](https://www.paperpublications.org/upload/book/Micro_Tuber_Induction_of_Two_Potato-163.pdf)

Khalafalla, M., AbdElaleem, K. & Modawi, R. (2010). Callus formation and organogenesis of potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivar Almera. *Journal of Phytology*, 2(5): 40–46. [https://www.researchgate.net/profile/Mutasim-Khalafalla/publication/285598495\\_CALLUS\\_FORMATION\\_AND\\_ORGANOGENESIS\\_OF\\_POTATO\\_SOLANUM\\_TUBEROSUM\\_L\\_CULTIVAR\\_ALMERA/links/5661cf3d08ae418a7868acca/CALLUS-FORMATION-AND-ORGANOGENESIS-OF-POTATO-SOLANUM-TUBEROSUM-L-CULTIVAR-ALMERA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mutasim-Khalafalla/publication/285598495_CALLUS_FORMATION_AND_ORGANOGENESIS_OF_POTATO_SOLANUM_TUBEROSUM_L_CULTIVAR_ALMERA/links/5661cf3d08ae418a7868acca/CALLUS-FORMATION-AND-ORGANOGENESIS-OF-POTATO-SOLANUM-TUBEROSUM-L-CULTIVAR-ALMERA.pdf)

Kosky, R., Chong-Pérez, B., López-Torres, J., Reyes, M., Bermúdez-Carabaloso, I., Martín, N., Machado-Rodríguez, J., Portal, O., Ocaña, B., Alvarado-Capó, Y., Leiva-Mora, M., Acosta-Suárez, M., Cruz-Martin, M., Belkis Roque & Hernández, L. (2010). Plantain (*Musa* spp. cv. 'Navolean' AAB) transgenic plants from *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of embryogenic cell suspensions. *Biotechnología Vegetal*, 10(4), 209-218. <https://biblat.unam.mx/hevila/Biotechnologiavegetal/2010/vol10/no4/2.pdf>

Kubota, C., Kakizaki, N., Kozai, T., Kasahara, K. & Nemoto, J. (2001). Growth and net photosynthetic rate of tomato plantlets during photoautotrophic and photomixotrophic micropropagation. *HortScience*, 36(1), 49-52. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.36.1.49>

- Kumlay, A. & Ercisli, S. (2015). Callus induction, shoot proliferation and root regeneration of potato (*Solanum tuberosum* L.) stem node and leaf explants under long-day conditions. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 29(6), 1075-1084. <https://doi.org/10.1080/13102818.2015.1077685>
- Leiva-Mora, M., Alvarado-Capó, Y., Acosta-Suárez, M., Cruz-Martín, M., Sánchez-García, C., y Roque, B. (2010). Protocolo para la inoculación artificial de plantas de *Musa spp.* con *Mycosphaerella fijiensis* y evaluación de su respuesta mediante variables epifitológicas y componentes de la resistencia. *Biotecnología vegetal*, 10(2), 79-88. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/274/248>
- Ljung, K. (2013). Auxin metabolism and homeostasis during plant development. *Development*, 140(5), 943-950. <https://doi.org/10.1242/dev.086363>
- Ma, X., Wang, Y., Liu, M., Xu, J., & Xu, Z. (2015). Effects of green and red lights on the growth and morphogenesis of potato (*Solanum tuberosum* L.) plantlets *in vitro*. *Scientia Horticulturae*, 190(2015), 104-109. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.01.006>
- Maddela, N., Masabanda, M., & Leiva-Mora, M. (2015). Novel diesel-oil-degrading bacteria and fungi from the Ecuadorian Amazon rainforest. *Water Science and Technology*, 71(10), 1554-1561. <https://doi.org/10.2166/wst.2015.142>
- Mani, F., Bettaieb, T., Doudech, N., & Hannachi, C. (2014). Physiological mechanisms for potato dormancy release and sprouting: a review. *African Crop Science Journal*, 22(2), 155-174. <https://www.ajol.info/index.php/acsj/article/view/104945>
- MARUPLAST, (2022). FICHA TÉCNICA SUSTRATO FLORMIX TS4 medium <https://maruplast.com/wp-content/uploads/FLORMIX-FT-2022.pdf>
- MARUPLAST, (2022). FICHA TÉCNICA SUSTRATO KLASMANN TS1 fina. <https://maruplast.com/wp-content/uploads/ARANMIX-8-FT-2022.pdf>
- Mena, E., Leiva-Mora, M., Jayawardana, E., García, L., Veitía, N., Bermúdez-Caraballosa, I., & Ortíz, R. (2015). Effect of salt stress on seed germination and seedlings growth of *Phaseolus vulgaris* L. *Cultivos Tropicales*, 36(3), 71-74. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193242312011.pdf>
- Mng'omba, A., Mwale, H., Chimzinga, B., Longwe, K. & Muhota, P. (2017). *In vitro* potato (*Solanum tuberosum* L.) growth under different orientation and light/dark exposure

- conditions. *African Journal of Biotechnology*, 16(34), 1784-1790.  
<https://academicjournals.org/journal/AJB/article-full-text-pdf/68D70CC65805>
- Montesdeoca, F., Panchi, N., Navarrete, I., Pallo, E., Yumisaca, F., Taípe, A. y Piedra, J. (2013). Guía Fotográfica De Las Principales Plagas Del Cultivo De Papa En Ecuador.  
<http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/05/006084.pdf>
- Morocho, T. y Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852019000200093](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093)
- Pal, A., Acharya, K. & Ahuja, P. (2012). Endogenous auxin level is a critical determinant for *in vitro* adventitious shoot regeneration in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 21(2), 205–212.  
<https://doi.org/10.1007/s13562-011-0092-z>
- Pande, P., Singh, S., Pandey, S., & SINGH, B. (2011). Dormancy, sprouting behaviour and weight loss in Indian potato (*Solanum tuberosum*) varieties. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 77(1): 715-720.  
[https://www.researchgate.net/publication/294831490\\_Dormancy\\_sprouting\\_behaviour\\_and\\_weight\\_loss\\_in\\_Indian\\_potato\\_Solanum\\_tuberosum\\_varieties](https://www.researchgate.net/publication/294831490_Dormancy_sprouting_behaviour_and_weight_loss_in_Indian_potato_Solanum_tuberosum_varieties)
- Pereira, J. & Fortes, G. (2003). Protocol for potato propagative material production in liquid medium. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(9), 1035-1043.  
<https://www.scielo.br/j/pab/a/mfdGtZkRkgNDVgRdPCrWPBv/abstract/?format=html&lang=en>
- Pérez, C., Serralde, Z. y Meléndez, M. (2007). Efectos benéficos y deletéreos del consumo de fructosa. *Revista de Endocrinología y Nutrición*, 15(2), 67-74.  
<https://www.medigraphic.com/pdfs/endoc/er-2007/er072b.pdf>
- Pérez, F., Vergara, R. & Or, E. (2009). On the mechanism of dormancy release in grapevine buds: a comparative study between hydrogen cyanamide and sodium azide. *Plant Growth Regul*, 59, 145–152. <https://doi.org/10.1007/s10725-009-9397-5>
- Pérez, N., Cardenas, R., Martin, O., & Leiva, M. (2013). The potential for photosynthesis in hydrothermal vents: a new avenue for life in the Universe?. *Astrophysics and Space Science*, 346(2), 327-331. <https://doi.org/10.1007/s10509-013-1460-z>

- Pérez-Torres, E., Bernal-Cabrera, A., Milanés-Virelles, P., Sierra-Reyes, Y., Leiva-Mora, M., Marín-Guerra, S. y Monteagudo-Hernández, O. (2018). Eficiencia de *Trichoderma harzianum* (cepa a-34) y sus filtrados en el control de tres enfermedades fúngicas foliares en arroz. *Bioagro*, 30(1), 17-26. [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612018000100002&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612018000100002&script=sci_abstract&tlng=pt)
- Pineda, A., Hernández, A. y Díaz, H. (2021). Multiplicación y reducción del crecimiento in vitro de papa chaucha (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja). *Manglar*, 18(2), 123-128. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.016>
- Priyadarshani, P. & Batra, V. (2017). Tissue Culture of Potato (*Solanum tuberosum* L.): A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(4), 489-495. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.058>
- Rabbani, A., Askari, B., Akhtar Abbasi, N., Bhatti, M., & Quraishi, A. (2001). Effect of growth regulators on in vitro multiplication of potato. *INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE & BIOLOGY*, 3(2), 181–182. [https://www.researchgate.net/profile/Nadeem-Abbasi-2/publication/237226517\\_Effect\\_of\\_Growth\\_Regulators\\_on\\_in\\_vitro\\_Multiplication\\_of\\_Potato/links/54ed77080cf28f3e65358a30/Effect-of-Growth-Regulators-on-in-vitro-Multiplication-of-Potato.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nadeem-Abbasi-2/publication/237226517_Effect_of_Growth_Regulators_on_in_vitro_Multiplication_of_Potato/links/54ed77080cf28f3e65358a30/Effect-of-Growth-Regulators-on-in-vitro-Multiplication-of-Potato.pdf)
- Rehana, S., Ahmed, F., Zeba, N., Husna, A., & Hossain, F. (2018). Effect of sunlight and artificial light on micropropagation of potato (*Solanum tuberosum* L.) plantlets. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 3(2), 151-156. <https://core.ac.uk/download/pdf/335017158.pdf>
- Rehman, K., Lee, A., Khabir, H., Joung V. & Yada, R. (2003). Evaluation of various chemicals on dormancy breaking and subsequent effects on growth and yield in potato microtubers under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae*, 619, 375-381. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.619.44>
- Robles-Carrión, A., Leiva-Mora, M., Herrera-Isla, I., Sánchez-Rodríguez, A., & Torres-Gutiérrez, R. (2016). Morphological and molecular identification of *Fusarium* species associated with vascular wilt of babaco (*Vasconcellea heilbornii* var. *pentagona* Badillo). *Revista de Protección Vegetal*, 31(3), 184-193. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v31n3/rpv05316.pdf>



- Rodríguez, L. (2010). Ecofisiología del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(1), 97–108. <https://doi.org/10.17584/rcch.2010v4i1.1229>
- Sajid, Z. & Faheem, A. (2009). Effect of thidiazuron (TDZ) on *in vitro* micropropagation of *Solanum tuberosum* L. cvs. Desiree and Cardinal. *Pak J Bot*, 41(4), 1811-1815. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.976.7029&rep=rep1&type=pdf>
- Saker, M., Moussa, T., Heikal, N., Ellil, A. & Abdel-Rahman, R. (2012). Selection of an efficient *in vitro* micropropagation and regeneration system for potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Desirée. *African Journal of Biotechnology*, 11(98), 16388-16404. <https://doi.org/10.5897/AJB12.2313>
- Seabrook, J. (2005). Light effects on the growth and morphogenesis of potato (*Solanum tuberosum*) *in vitro*: A review. *American Journal of Potato Research*, 82(5), 353-367. <https://doi.org/10.1007/BF02871966>
- Sujana, P. & Naidu, C. (2011). Impact of different carbohydrates on high frequency plant regeneration from axillary buds of *Mentha piperita* (L.) - an important multipurpose medicinal plant. *Journal of Phytology*, 3(5), 14-18. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113190649>
- Sunil, T., Nitin, M. & Girum, K. (2021). Effect of Growth Regulators on *In Vitro* Micropropagation of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Gudiene and Belete Varieties from Ethiopia. *The Scientific World Journal* (2021): 1-8. <https://doi.org/10.1155/2021/5928769>
- Taha, R., Mustafa, N., & Hassan, S. (2013). Protocol for micropropagation of two *Ficus carica* cultivars. *World Journal of Agricultural Sciences*, 9(5), 383-388. [researchgate.net/profile/Nabil-Mustafa/publication/269993801\\_Protocol\\_for\\_Micropropagation\\_of\\_Two\\_Ficus\\_carica\\_Cultivars/links/549eb7c20cf257a635fe6d63/Protocol-for-Micropropagation-of-Two-Ficus-carica-Cultivars.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nabil-Mustafa/publication/269993801_Protocol_for_Micropropagation_of_Two_Ficus_carica_Cultivars/links/549eb7c20cf257a635fe6d63/Protocol-for-Micropropagation-of-Two-Ficus-carica-Cultivars.pdf)
- Troncoso, A., Matte, E., Venegas, U., y Cantos, M. (2010). Influencia de la concentración de sacarosa en el medio, sobre la respuesta de material de vid "*in vitro*". *IRNAS*, 457-463. <https://digital.csic.es/handle/10261/66626>

- Urrego, Y., Aragón, A., Combita, J., y Leiva-Mora, M. (2012). Descripción de las estrategias de afrontamiento para padres con hijos con discapacidad cognitiva. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9042>
- Venegas, A. (2022). *Implementación de un protocolo de cultivo in vitro de papa (Solanum tuberosum L.) variedad Superchola a partir de brotes etiolados* [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas Latacunga]. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/29682/T-ESPE-052358.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Verhees, J., van der Krol, A., Vreugdenhil, D., y van der Plas, L. (2002). Characterization of gene expression during potato tuber development in individuals and populations using the luciferase reporter system. *Plant Molecular Biology*, 50(4), 653-665. <https://doi.org/10.1023/A:1019922329081>
- Vespasiano, B. & Campos, O. (2003). Carbon sources and their osmotic potential in plant tissue culture: does it matter? *Scientia Horticulturae*, 97(2003), 193-202. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00231-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00231-5)
- Vignola, R., Watler, W., Vargas, A. y Morales, M. (2017). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de papa en Costa Rica. CATIE. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8214.pdf>
- Wróbel, S., Kęsy, J. & Treder, K. (2017). Effect of Growth Regulators and Ethanol on Termination of Dormancy in Potato Tubers. *American Journal of Potato Research*. 94(5), 544–555 <https://doi.org/10.1007/s12230-017-9592-2>.
- Yupangui, S. (2016). *Validación de los parámetros de control interno de calidad en la producción de tubérculo-semilla, en la variedad INIAP libertad* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8051/1/T-UCE-0004-29.pdf>
- Zaman, M., Quraishi, A., Hassan, G., Ali, R., Khabir, A., & Gul, N. (2001). Meristem culture of potato (*Solanum tuberosum* L.) for production of virus-free plantlets. *Online Journal Biological Sciences*, 1(10), 898-899. <https://docsdrive.com/pdfs/ansinet/jbs/2001/898-899.pdf>



## ANEXOS

### Inducción de la brotación de yemas a partir de tubérculos

Influencia del etanol en la brotación de tubérculos de papa a los 21 d en el sustrato S1.

#### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004
H de Kruskal-Wallis	10,355	15,730
gl	5	5
Sig. asintótica	,066	,008

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del etanol en la brotación de tubérculos de papa a los 21 d en el sustrato S2.

#### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004
H de Kruskal-Wallis	1,610	3,344
gl	5	5
Sig. asintótica	,900	,647

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del Ag3 en la brotación de tubérculos de papa a los 21 d en el sustrato S1.

#### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004
H de Kruskal-Wallis	9,195	13,240
gl	5	5
Sig. asintótica	,102	,021

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del Ag3 en la brotación de tubérculos de papa a los 21 d en el sustrato S2.

#### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004
H de Kruskal-Wallis	10,280	14,181
gl	5	5
Sig. asintótica	,068	,014

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia de la Cianamida hidrogenada (DORMEX) en la brotación de tubérculos de papa a los 21 d en el sustrato S1.

### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004
H de Kruskal-Wallis	5,468	8,571
gl	5	5
Sig. asintótica	,361	,127

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia de la Cianamida hidrogenada (DORMEX) en la brotación de tubérculos de papa a los 21 d en el sustrato S2.

### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004
H de Kruskal-Wallis	4,091	7,653
gl	5	5
Sig. asintótica	,536	,176

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

### Establecimiento *in vitro* de yemas de tubérculos brotados

Influencia de las condiciones de iluminación sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 15 días.

### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006	VAR00007	VAR00008
H de Kruskal-Wallis	,977	,031	,323	,290	5,764	,290
gl	2	2	2	2	2	2
Sig. asintótica	,613	,985	,851	,865	,056	,865

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia de las condiciones de iluminación sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 30 días.

### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006	VAR00007	VAR00008
H de Kruskal-Wallis	4,848	5,622	6,364	1,733	5,764	1,318
gl	2	2	2	2	2	2
Sig. asintótica	,089	,060	,042	,420	,056	,517

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del AIA sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 15 días.

#### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006	VAR00007	VAR00008
H de Kruskal-Wallis	3,019	,888	2,256	2,143	2,053	2,143
gl	3	3	3	3	3	3
Sig. asintótica	,389	,828	,521	,543	,562	,543

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del AIA sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 30 días.

#### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006	VAR00007	VAR00008
H de Kruskal-Wallis	6,411	6,085	8,651	1,124	2,167	,367
gl	3	3	3	3	3	3
Sig. asintótica	,093	,108	,034	,771	,539	,947

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del ANA sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 15 días.

#### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006	VAR00007	VAR00008
H de Kruskal-Wallis	1,336	3,250	2,014	5,494	1,054	3,640
gl	3	3	3	3	3	3
Sig. asintótica	,721	,355	,569	,139	,788	,303

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del ANA sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 30 días.

#### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006	VAR00007	VAR00008
H de Kruskal-Wallis	6,411	6,085	8,651	1,124	2,167	,367
gl	3	3	3	3	3	3
Sig. asintótica	,093	,108	,034	,771	,539	,947

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del AIB sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 15 días.

#### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006	VAR00007	VAR00008
H de Kruskal-Wallis	1,591	2,213	2,841	,929	3,000	,929
gl	3	3	3	3	3	3
Sig. asintótica	,661	,529	,417	,819	,392	,819

- a. Prueba de Kruskal Wallis  
b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del AIB sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 30 días.

#### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006	VAR00007	VAR00008
H de Kruskal-Wallis	,441	,316	,363	1,520	3,000	1,857
gl	3	3	3	3	3	3
Sig. asintótica	,932	,957	,948	,678	,392	,603

- a. Prueba de Kruskal Wallis  
b. Variable de agrupación: VAR00001

### Multiplicación *in vitro* de plantas de papa Var. Cecilia

Influencia de la sacarosa sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7 días.

#### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	9,022	14,142	17,235	,000
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,108	,015	,004	1,000

- a. Prueba de Kruskal Wallis  
b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia de la sacarosa sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 14 días.

#### Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>

	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	15,218	14,634	30,746	,000
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,009	,012	,000	1,000

- a. Prueba de Kruskal Wallis  
b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia de la sacarosa sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 21 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	25,807	17,605	37,658	,000
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,000	,003	,000	1,000

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia de la fructosa sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	5,696	12,396	18,318	,000
gl	4	4	4	4
Sig. asintótica	,223	,015	,001	1,000

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia de la fructosa sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 14 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	15,705	17,274	23,586	,000
gl	4	4	4	4
Sig. asintótica	,003	,002	,000	1,000

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia de la fructosa sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 21 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	10,118	22,602	13,161	4,000
gl	4	4	4	4
Sig. asintótica	,038	,000	,011	,406

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001



Influencia del AIA sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum*

L. Var. Cecilia a los 7 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	5,917	5,128	3,805	5,619
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,314	,400	,578	,345

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del AIA sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum*

L. Var. Cecilia a los 14 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	4,738	3,738	6,623	2,633
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,449	,588	,250	,756

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del AIA sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum*

L. Var. Cecilia a los 21 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	2,094	1,467	3,695	2,857
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,836	,917	,594	,722

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del ANA sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	11,640	12,647	13,981	6,741
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,040	,027	,016	,241

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del ANA sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 14 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	15,256	12,436	17,420	9,422
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,009	,029	,004	,093

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del ANA sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 21 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	10,157	8,997	6,564	9,689
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,071	,109	,255	,085

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del AIB sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	10,992	13,897	6,354	7,564
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,052	,016	,273	,182

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del AIB sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 14 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	13,914	17,251	6,581	4,175
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,016	,004	,254	,524

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del AIB sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum*

L. Var. Cecilia a los 21 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	15,903	17,586	8,307	13,951
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,007	,004	,140	,016

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del Ag3 sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum*

L. Var. Cecilia a los 7 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	7,537	7,672	9,861	4,982
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,184	,175	,079	,418

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del Ag3 sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum*

L. Var. Cecilia a los 14 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	12,041	11,512	9,603	9,626
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,034	,042	,087	,087

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del Ag3 sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum*

L. Var. Cecilia a los 21 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	11,056	8,970	8,858	8,032
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,050	,110	,115	,154

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del TDZ sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	4,269	5,393	4,020	1,832
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,511	,370	,547	,872

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del TDZ sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 14 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	2,579	2,252	6,535	,531
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,765	,813	,258	,991

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del TDZ sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 21 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	4,052	6,868	7,790	4,607
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,542	,231	,168	,466

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del 6-BAP sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	10,969	8,065	8,067	5,226
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,052	,153	,153	,389

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del 6-BAP sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 14 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	9,887	7,082	10,953	8,139
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,078	,215	,052	,149

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del 6-BAP sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 21 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	6,267	5,672	9,148	6,895
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,281	,339	,103	,229

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia de la Zeatina sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	7,398	4,942	10,082	13,682
gl	4	4	4	4
Sig. asintótica	,116	,293	,039	,008

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia de la Zeatina sobre la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 14 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	13,188	7,819	10,433	9,008
gl	4	4	4	4
Sig. asintótica	,010	,098	,034	,061

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia de la Zeatina a los 21 días en la multiplicación *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	8,760	10,363	13,049	12,186
gl	4	4	4	4
Sig. asintótica	,067	,035	,011	,016

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

### Inducción del enraizamiento *in vitro* de plantas de papa multiplicadas.

Influencia del AIA sobre el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	35,966	43,225	11,038	11,021
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,000	,000	,051	,051

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del AIA sobre el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 14 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	32,353	35,534	12,594	10,672
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,000	,000	,028	,058

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del AIA sobre el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 21 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	20,067	31,934	12,133	11,020
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,001	,000	,033	,051

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del ANA sobre el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	22,211	24,426	5,730	5,395
gl	3	3	3	3
Sig. asintótica	,000	,000	,126	,145

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del ANA sobre el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 14 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	24,176	22,851	14,594	5,275
gl	3	3	3	3
Sig. asintótica	,000	,000	,002	,153

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del ANA sobre el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 21 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	6,898	30,192	10,726	5,707
gl	3	3	3	3
Sig. asintótica	,075	,000	,013	,127

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del AIB sobre el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia a los 7 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	8,061	9,841	12,017	12,280
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,153	,080	,035	,031

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del AIB sobre el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum*  
L. Var. Cecilia a los 14 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	6,620	20,027	18,025	19,598
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,250	,001	,003	,001

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001

Influencia del AIB sobre el enraizamiento *in vitro* de segmentos nodales de *Solanum tuberosum*

L. Var. Cecilia a los 21 días.

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>				
	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006
H de Kruskal-Wallis	10,887	25,205	10,899	14,979
gl	5	5	5	5
Sig. asintótica	,054	,000	,053	,010

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: VAR00001