



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS**  
**NATURALES Y DEL AMBIENTE**

**CARRERA: AGRONOMÍA**

**TEMA:**

EVALUACIÓN DE EXPLANTES EN DOS VARIEDADES DE TOMATE DE ÁRBOL *Solanum betaceum L.* MEDIANTE PROPAGACIÓN IN VITRO, UTILIZANDO TRES TIPOS DE CITOQUININAS EN CUATRO DOSIS, EN EL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR.

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

**AUTORES**

Trujillo Valle Keila Camila  
Zambrano Rodríguez Ángel Antonio

**DIRECTORA**

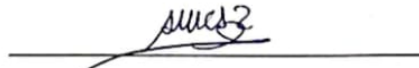
Ing. Sonia María Salazar Ramos Mg.

**GUARANDA – ECUADOR**

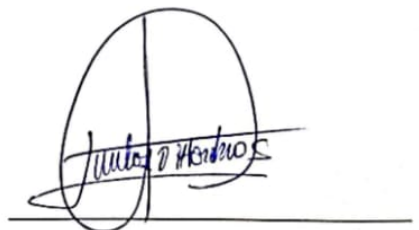
**2023**

EVALUACIÓN DE EXPLANTES EN DOS VARIEDADES DE TOMATE DE  
ÁRBOL *Solanum betaceum* L. MEDIANTE PROPAGACIÓN IN VITRO,  
UTILIZANDO TRES TIPOS DE CITOQUININAS EN CUATRO DOSIS, EN  
EL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR.

REVISADO Y APROBADO POR:



Ing. SONIA MARÍA SALAZAR RAMOS Mg.  
DIRECTORA



Ing. VÍCTOR DANILO MONTERO SILVA Mg.  
BIOMETRISTA



Ing. HUGO VÁSQUEZ COLOMA PhD.  
REDACCIÓN TÉCNICA

**CERTIFICACIÓN DE LA AUTORÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Nosotros, Trujillo Valle Keila Camila con C.I.: 1755892815 y Zambrano Rodríguez Ángel Antonio con C.I.: 1726617291 declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor (es).

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



KEILA CAMILA TRUJILLO  
VALLE  
AUTORA  
C.I 1755892815



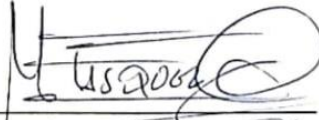
ÁNGEL ANTONIO ZAMBRANO  
RODRÍGUEZ  
AUTOR  
C.I 1726617291



Ing. SONIA MARÍA SALAZAR RAMOS Mg.  
**DIRECTORA**  
C.I 0200933067



Ing. VÍCTOR DANILO MONTERO SILVA Mg.  
**BIOMETRISTA**  
C.I 0201185584



Ing. HUGO VÁSQUEZ COLOMA Phd.  
**ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA**  
C.I 0200852523





*Notaria Tercera del Cantón Guaranda*  
*Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez*  
 Notario



no...

N° ESCRITURA: 20230201003P01202

DECLARACION JURAMENTADA

OTORGADA POR: ZAMBRANO RODRIGUEZ ANGEL ANTONIO y TRUJILLO VALLE KEILA CAMILA

INDETERMINADA DI: 2 COPIAS

H.R. Factura: 001-006-000003730

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día dos de Junio del dos mil veintitrés, ante mí Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparecen el señor ZAMBRANO RODRIGUEZ ANGEL ANTONIO, soltero de ocupación estudiante, domiciliado en la Ciudad de Quito Provincia Pichincha y de paso por este lugar, con celular número (0999041529), su correo electrónico es antohnio\_rodriguez@hotmail.com; y TRUJILLO VALLE KEILA CAMILA, soltera de ocupación estudiante, domiciliada en la Ciudad de Quito Provincia Pichincha y de paso por este lugar, con celular número (0999851131), su correo electrónico es keilatrujillovalle@gmail.com, por sus propios y personales derechos, obligarse a quienes de conocerles doy fe en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación y con su autorización se ha procedido a verificar la información en el Sistema Nacional de Identificación Ciudadana; bien instruida por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que proceden libre y voluntariamente, advertido de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presentan su declaración Bajo Juramento declaran lo siguiente manifestamos que el criterio e ideas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado **EVALUACIÓN DE EXPLANTES EN DOS VARIEDADES DE TOMATE DE ÁRBOL *Solanum betaceum* L. MEDIANTE PROPAGACIÓN IN VITRO, UTILIZANDO TRES TIPOS DE CITOQUININAS EN CUATRO DOSIS, EN EL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR.** es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de autores, previo a la obtención del título de Ingenieros Agrónomos en la Universidad Estatal de Bolívar, Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad, la misma que hacemos para los fines legales pertinentes. HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA. La misma que elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que les fue a los comparecientes por mí el Notario en unidad de acto, aquella se ratifica y firma conmigo de todo lo cual doy Fe.

ZAMBRANO RODRIGUEZ ANGEL ANTONIO

c.c. 1726617291

TRUJILLO VALLE KEILA CAMILA

c.c. 1755892815



AB. HENRY ROJAS NARVAEZ

NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA

### Document Information

---

Analyzed document	TESIS - TRUJILLO KEILA, ZAMBRANO ÁNGEL.docx (D162679311)
Submitted	5/31/2023 11:41:00 PM
Submitted by	ketrujillo@mailes.ueb.edu.ec
Submitter email	8.5%
Similarity	victorbarcenes2021@analysis.arkund.com
Analysis address	

### Sources included in the report

---

### Entire Document

---

### Hit and source - focused comparison, Side by Side

---

Submitted text	As student entered the text in the submitted document.
Matching text	As the text appears in the source.

Ángel

## DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación primeramente está dedicado a Dios, quien me ha dado vida, luz, fortaleza, inteligencia y valentía para hoy estar cumpliendo una más de mis metas propuesta en el campo profesional. A mi madre que está en el cielo; Holanda Rodríguez, quien a pesar de que no tuve la oportunidad de conocerla ni vivir junto a ella, sé que siempre está a mi lado dándome fuerzas para no desmayar y seguir adelante día tras día, también a mis abuelos, Margarita Párraga & Antonio Rodríguez quienes fueron una pieza importante en mi niñez cuidándome, protegiéndome y brindándome su cariño, de la misma manera inculcando valores en mí, sé que ellos desde arriba me guían y llenan de bendiciones para yo poder cumplir esa promesa que les hice antes de partir. Mi hermano, Iván Zambrano todo esto se lo debo a él, quien estuvo conmigo en las buenas y malas, brindándome su apoyo emocional, económico, consejos, salud, protección, así como también su cariño, ha sido para mí como una madre y padre, conjuntamente con mi cuñada Diana Riofrio y mi sobrino Alexander Zambrano, quienes son parte de mi vida. No me puedo olvidar dedicarle este trabajo a las Sra. Narcisa de Jesús Vallejo, quien fue un pilar importante en mi formación académica con su aprecio, cariño, consejos y trabajo para tener como sustentarme económicamente en mi etapa universitaria, de la misma manera a su hijo y mi mejor amigo Miguel Ángel Riofrío quien está conmigo siempre con su apoyo incondicional.

También le dedico esta investigación a la Sra. Shirley Armijo quien siempre me ha ayudado y brindado su comprensión, desde el momento que llegue a vivir a su casa, agradezco mucho todo lo que hizo por mí, así como la confianza que me brido en su hogar. Finalmente, quiero dedicar a mi compañera de tesis, Keila Trujillo quien estuvo conmigo en toda la trayectoria de nuestra investigación, a pesar de que a veces las cosas se nos pusieran difíciles, a Paul Chongo, el cual estuvo con nosotros apoyándonos en el desarrollo de nuestra investigación, posteriormente quiero dedicar esta investigación a Pamela Romero, una persona muy especial que estuvo en mi vida desde que inicie la universidad hasta culminarla, apoyándome incondicionalmente en todos los aspectos posibles sin dejarme solo en ningún momento.

*Ángel*

## DEDICATORIA

### *"Todo lo puedo en Cristo que me fortalece" Filipenses 4:13*

Dedico mi tesis principalmente a Dios que es mi más grande amor y es la clave para llegar al éxito. Contigo todo, sin ti nada.

A mis padres, Armando y Cecilia por acompañarme en cada uno de mis logros, ellos son mi motivación e inspiración para alcanzar cada uno de mis sueños, esto va para ustedes.

A mis hermanos/a: Wilmer, Danilo y María por su apoyo incondicional, por sus palabras de ánimos a la distancia. Los amo mucho.

A mis mejores amigos: Lirys, Jessica y Jorge que son como mi segunda familia, brindándome su amistad tan sincera, aprendí a cocinar por ustedes, hemos convivido tanto que nos conocemos tan bien el uno al otro, solo nosotros sabemos lo mucho que nos ha costado luchar con tantas cosas, pero recordándoles siempre que Dios está con nosotros, estoy agradecida con mi Padre por haberlos puesto en mi camino.

A mis amigos/as, que han estado ahí con una palabra de ánimo, con su cariño y me han extendido su mano en momentos buenos y malos.

A mi compañero de tesis, Ángel Zambrano que ha sido un gran apoyo en el transcurso de nuestra investigación, con muchas dificultades que se nos han presentado, pero hemos podido sobrellevar todo esto con la ayuda de Dios, finalmente podemos decir hemos culminado, agradecida por el esfuerzo y dedicación que has demostrado.

A mi persona especial, el cual ha sido una compañía y sostén muy fuerte en mi recorrido académico, por siempre recordarme que Dios está conmigo cuando he querido rendirme además en decirme Keila "Todo esfuerzo tiene su recompensa" y cuánta verdad hay en esta frase ¡Mírame ahora puedo decirte que lo he logrado!

*Keila*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, queremos agradecer a Dios y a la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, específicamente a la Carrera de Ingeniería Agronómica, a todos los docentes que nos impartieron educación, confianza, apoyo, y profesionalismo con su labor de trabajar día tras día compartiendo sus conocimientos hacia nosotros para una formación de calidad como futuros profesionales.

De la misma manera queremos agradecer a nuestro miembro del tribunal del proyecto de investigación, Ing. Sonia Salazar Ramos Mg. (Directora), Ing. Víctor Danilo Montero Silva Mg. (Biometrista) y Dr. Hugo Vázquez Coloma PhD. (Redacción Técnica) por su apoyo incondicional en todo el proceso que duro nuestra investigación fortaleciéndonos en el área de planificación, ejecución, sistematización y corrección.

Finalmente queremos hacer un profundo agradecimiento al Ing. Víctor Hugo Cortez encargado del laboratorio de biotecnología, quien estuvo presente siempre en esta etapa de investigación, brindando su cariño, enseñanza, profesionalismo y más que nada alentándonos para seguir adelante antes las adversidades que enfrentamos en este proceso.

*Ángel & Keila*



## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁG.
RESUMEN.....	XIX
CAPÍTULO I.....	1
1.1.    Introducción .....	1
1.2.    Problema .....	3
1.3.    Hipótesis .....	5
CAPÍTULO II .....	6
2.    Marco teórico.....	6
2.1.    Origen.....	6
2.2.    Clasificación taxonómica.....	6
2.3.    Descripción botánica.....	6
2.3.1.    Planta.....	6
2.3.2.    Raíz .....	7
2.3.3.    Tallo .....	7
2.3.4.    Hojas .....	7
2.3.5.    Inflorescencia .....	8
2.3.6.    Fruto .....	8
2.3.7.    Semillas .....	8
2.4.    Variedades .....	8
2.4.1.    Variedad tomate de árbol amarillo.....	9
2.4.2.    Variedad tomate de árbol rojo morado (tomatillo) .....	10
2.4.3.    Variedad tomate de árbol rojo.....	10
2.4.4.    Variedad de tomate de árbol común.....	10
2.4.5.    Variedad de tomate de árbol naranja.....	10
2.5.    Propiedades y beneficios .....	10
2.6.    Fenología del cultivo .....	11
2.7.    Factores ambientales y edáficos .....	11
2.7.1.    Clima.....	11
2.7.2.    Altitud .....	12
2.7.3.    Temperatura .....	12
2.7.4.    Precipitación.....	12
2.7.5.    Humedad relativa .....	12

2.7.6.	Radiación (luz).....	12
2.7.7.	Vientos .....	13
2.7.8.	Granizo.....	13
2.7.9.	Heladas.....	13
2.7.10.	Suelo.....	13
2.8.	Propagación .....	13
2.8.1.	Propagación sexual.....	13
2.8.2.	Propagación asexual.....	14
2.9.	Zonas productoras.....	14
2.10.	Comercialización .....	15
2.11.	Biotecnología.....	16
2.12.	Descripción histórica de los principales descubrimientos .....	16
2.13.	Tipos de biotecnología.....	17
2.13.1.	Biotecnología roja o médica .....	17
2.13.2.	Biotecnología verde o agrícola .....	17
2.13.3.	Biotecnología azul o marina.....	17
2.13.4.	Biotecnología blanco o industrial.....	17
2.13.5.	Biotecnología gris o ecológica.....	17
2.13.6.	Biotecnología dorada o informática.....	17
2.13.7.	Biotecnología amarilla o nutricional.....	18
2.13.8.	Biotecnología púrpura o legal .....	18
2.13.9.	Biotecnología negra o bélica.....	18
2.14.	Beneficios de la biotecnología.....	18
2.14.1.	Mejora las características vegetales .....	18
2.14.2.	Explota la diversidad natural.....	18
2.14.3.	Beneficia al medio ambiente.....	19
2.14.4.	Contribuye a estudios científicos .....	19
2.15.	Cultivo in vitro.....	19
2.15.1.	Antecedentes del cultivo in vitro en <i>Solanum betaceum L.</i> .....	19
2.15.2.	Ventajas del cultivo in vitro .....	20
2.15.3.	Desventajas del cultivo in vitro.....	21
2.15.4.	Facilidades requeridas para el cultivo in vitro .....	21
2.16.	Contaminación microbiana en el cultivo in vitro.....	21
2.16.1.	Vitropatógeno.....	22

2.16.2.	Bacterias .....	22
2.17.	Estrategias para controlar la contaminación microbiana .....	23
2.18.	Micropropagación .....	23
2.19.	Medios de cultivo.....	24
2.20.	Constituyentes minerales .....	24
2.20.1.	Macronutrientes.....	24
2.20.2.	Micronutrientes .....	25
2.20.3.	Vitaminas .....	25
2.20.4.	Carbohidratos .....	25
2.20.5.	Agentes gelificantes .....	26
2.21.	Reguladores de crecimiento.....	26
2.21.1.	Auxinas .....	26
2.21.2.	Giberelinas .....	26
2.21.3.	Citoquininas .....	26
2.21.4.	Etileno .....	27
2.21.5.	Ácido abcísico.....	27
2.22.	Propagación in vitro.....	27
2.22.1.	Etapas 0.....	27
2.22.2.	Fase 1 .....	28
2.22.3.	Fase 2 .....	28
2.22.4.	Fase 3 .....	29
2.22.5.	Fase 4 .....	29
2.22.6.	Fase 5 .....	29
2.23.	Requerimientos para un laboratorio.....	30
2.23.1.	Área de preparación .....	30
2.23.2.	Área de lavado y esterilización .....	30
2.23.3.	Área de transferencia.....	30
2.23.4.	Área de incubación.....	31
2.23.5.	Área de crecimiento .....	31
2.24.	Contaminantes en cultivo in vitro.....	31
CAPÍTULO III.....		32
3.	Marco metodológico .....	32
3.1.	Materiales.....	32
3.1.1.	Ubicación de la investigación .....	32

3.1.2.	Localización de la investigación .....	32
3.1.3.	Situación geográfica y climática .....	32
3.2.	Zona de vida.....	32
3.3.	Material experimental .....	32
3.4.	Material de laboratorio.....	33
3.5.	Material de oficina .....	33
3.6.	Métodos .....	33
3.6.1.	Factores en estudio .....	33
3.6.2.	Tratamientos.....	34
3.6.3.	Tipo de diseño experimental .....	35
3.6.4.	Procedimiento .....	35
3.7.	Tipo de análisis .....	35
3.8.	Métodos de evaluación y datos evaluados.....	36
3.8.1.	Días a la brotación en el laboratorio (DBL).....	36
3.8.2.	Número de brotes por explante (NBE).....	36
3.8.3.	Número de hojas por brote (NHB).....	36
3.8.4.	Altura de brotes (AB).....	36
3.8.5.	Porcentaje de tubos contaminados (PTC) .....	36
3.8.6.	Taza de velocidad de multiplicación (TVM) .....	37
3.9.	Manejo del experimento .....	37
3.9.1.	Selección de las plantas.....	37
3.9.2.	Obtención de brotes.....	37
3.9.3.	Preparación del medio de cultivo .....	37
3.9.4.	Esterilización del medio de cultivo .....	38
3.9.5.	Desinfección del material en el laboratorio .....	38
3.9.6.	Introducción al medio de cultivo .....	39
CAPÍTULO IV.....		40
4.	Resultados y discusión.....	40
4.1.	Variables agronómicas para el Factor A (variedades).....	40
4.2.	Variables agronómicas para el Factor B (tipos de citoquininas) .....	45
4.3.	Variables agronómicas para el Factor C (dosis) .....	49
4.4.	Interacción de los factores AxB.....	52
4.5.	Interacción de los factores AxC.....	57
4.6.	Interacción de los factores BxC .....	61

4.7.	Interacción de factores AxBxC.....	64
4.8.	Variables agronómicas para promedios de tratamientos .....	66
4.9.	Análisis de correlación y regresión lineal.....	73
4.10.	Análisis económico en la relación beneficio/costo.....	76
4.11.	Comprobación de hipótesis.....	79
CAPÍTULO V .....		80
5.	Conclusiones y Recomendaciones.....	80
5.1.	Conclusiones.....	80
5.2.	Recomendaciones .....	81
BIBLIOGRAFÍA .....		83
ANEXOS.....		91

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO N°.</b>	<b>DESCRIPCIÓN.</b>	<b>PÁG.</b>
1.	Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% en el Factor A (variedades) en las variables: Días a la brotación en el laboratorio (DBL), Número de brotes por explante (NBE), Número de hojas por brote (NHB), Altura de brotes (AB), Porcentaje de tubos contaminados (PTC), Taza de velocidad de multiplicación (TVM).....	40
2.	Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% en el Factor B (tipos de citoquininas) en las variables: Días a la brotación en el laboratorio (DBL), Número de brotes por explante (NBE), Número de hojas por brote (NHB), Altura de brotes (AB), Porcentaje de frascos contaminados (PTC), Taza de velocidad de multiplicación (TVM).....	45
3.	Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% en el Factor C (dosis) en las variables: Días a la brotación en el laboratorio (DBL), Número de brotes por explante (NBE), Número de hojas por brote (NHB), Altura de brotes (AB), Porcentaje de frascos contaminados (PTC), Taza de velocidad de multiplicación (TVM).....	49
4.	Resultados promedios de la Prueba de Tukey al 5% en la interacción de los factores Ax B: variedades de tomate de árbol (amarillo y rojo morado) por tipos de citoquininas (Bencil adenina, Kinetina y Bencil aminopurina).....	52
5.	Resultados promedios de la Prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores (Ax C): variedades de tomate (amarillo y rojo morado) por dosis (1 mg/lt, 3 mg/lt, 5 mg/lt, 7 mg/lt).....	57
6.	Resultados promedios de la Prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores (Bx C): tipos de citoquininas (Bencil adenina, Kinetina y Bencil aminopurina) por dosis (1 mg/lt, 3 mg/lt, 5 mg/lt, 7 mg/lt). ....	61
7.	Resultados promedios de la Prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores (Ax Bx C): variedades (tomate amarillo y rojo morado) por tipos de citoquininas (Bencil adenina, Kinetina y Bencil aminopurina) por dosis (1 mg/lt, 3 mg/lt, 5 mg/lt, 7 mg/lt). ....	64

8.	Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en la variable Días a la brotación en el laboratorio a los 45 días. ....	66
9.	Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en la variable Número de brotes por explante a los 15, 30 y 45 días. ....	67
10.	Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en la variable Número de hojas por brote a los 15, 30 y 45 días. ....	69
11.	Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en la variable Altura de brotes a los 15, 30 y 45 días. ....	70
12.	Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en la variable Porcentaje de tubos contaminados a los 45 días. ....	71
13.	Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en la variable Taza de velocidad de multiplicación. ....	72
14.	Análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (Xs) que presentaron diferencias estadísticas significativas sobre la Taza de velocidad de multiplicación (Y). Laguacoto III. 2023. ....	73
15.	Costo beneficio de tomate de árbol. ....	76

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N°.	DESCRIPCIÓN.	PÁG.
1.	Promedios de la variable número de brotes por explante a los 15 y 30 días en dos variedades de tomate de árbol.....	41
2.	Promedios de la variable altura de brotes a los 15 días en dos variedades de tomate de árbol.....	42
3.	Promedios de la variable porcentaje de tubos contaminados en dos variedades de tomate de árbol.....	43
4.	Promedios de la variable número de hojas por brote en tres tipos de citoquininas.....	46
5.	Promedios de la variable altura de brotes en tres tipos de citoquininas ....	47
6.	Promedios de la variable número de brotes por explante a los 30 y 45 días en cuatro dosis.....	50
7.	Promedios de la variable número de hojas por brote a los 30 y 45 días en cuatro dosis.....	51
8.	Resultados promedios de la variable número de brotes por explante a los 30 días en la interacción de factores variedades de tomate de árbol por tipos de citoquininas (AxB).....	53
9.	Resultados promedios de la variable número de hojas por brote a los 30 días en la interacción de factores variedades de tomate de árbol por tipos de citoquininas (AxB).....	54
10.	Resultados promedios de la variable altura de brotes a los 30 días en la interacción de factores variedades de tomate por tipos de citoquininas (AxB).....	56
11.	Resultados promedios de la variable número de brotes por explante a los 45 días en la interacción de factores variedades de tomate por dosis (AxC).....	58
12.	Resultados promedios de la variable número de hojas por brote a los 45 días en la interacción de factores variedades de tomate por dosis (AxC).....	59
13.	Resultados promedios de la variable porcentaje de tubos contaminados en la interacción de factores variedades de tomate por dosis (AxC).....	60



14.	Resultados promedios de la variable número de brotes por explante a los 45 días en la interacción de factores tipos de citoquininas por dosis (BxC). .....	62
15.	Resultados promedios de la variable número de hojas por brote a los 45 días en la interacción de factores tipos de citoquininas por dosis (BxC). .....	63
16.	Resultados promedios de la variable número de brotes por explante a los 30 días en la interacción de factores: variedades por tipos de citoquininas y por dosis (AxBxC). .....	65
17.	Valores promedio de los tratamientos en la variable número de brotes por explante (NBE) a los 45 días. ....	68
18.	Regresión lineal número de hojas por brote a los 45 días versus la Taza de velocidad de multiplicación. Laguacoto III. 2023. ....	73
19.	Regresión lineal altura de brote a los 45 días versus la Taza de velocidad de multiplicación. Laguacoto III. 2023. ....	74

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO N°.</b>	<b>DESCRIPCIÓN.</b>
1.	Mapa de ubicación de la investigación
2.	Código de variables en estudio
3.	Base de datos
4.	Evidencias de la Investigación
5.	Glosario de términos

## RESUMEN

El tomate de árbol *Solanum betaceum L.* es originario de América del Sur, los principales países productores son Ecuador y Colombia. La planta es semileñoso, de 2-3 m de altura. El fruto es una baya elíptica ovoide, de 5-10 cm de largo y 8-5 cm de diámetro, los frutos están cubiertos por una piel espesa y amarga con matices rojos, anaranjados y amarillo pesa 80-90 g cuando está maduro. En la presente investigación “Evaluación de explantes en dos variedades de tomate de árbol *Solanum betaceum L.* mediante propagación in vitro, utilizando tres tipos de citoquininas en cuatro dosis, en el cantón Guaranda provincia de Bolívar”. Los objetivos planteados fueron los siguientes: i) Determinar la mejor variedad de tomate de árbol para la propagación de explantes. ii) Establecer el mejor tipo de citoquinina para procesos de biotecnología in vitro. iii) Determinar la mejor dosis de citoquinina para los explantes en tomate de árbol. iv) Realizar el análisis económico en la relación beneficio – costo. Se aplicó el diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial 2x3x4x3 Rep. Las variables evaluadas fueron: Días a la brotación en el laboratorio (DBL), Número de brotes por explante (NBE), Número de hojas por brote (NHB), Altura de brotes (AB), Porcentaje de tubos contaminados (PTC) y Taza de velocidad de multiplicación (TVM,) estas variables se tomaron en un período de tiempo entre los 15, 30 y 45 días. Los factores presentes que coexistieron son: Factor “A” Variedades, Factor “B”: Tipos de Citoquininas, Factor “C”: Dosis de Citoquininas. El tipo de análisis estadístico que se realizó fue: i) Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A, B, C, AxB, Ax C, Bx C y Ax Bx C. ii) Prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en las variables que sean significativas (Fisher protegido). iii) Análisis de Correlación y Regresión lineal. Los resultados que se obtuvo en la investigación es que no se detectaron evidencias estadísticas significativas en algunas variables, mientras que en otras variables existió una alta significancia estadística, esto conjuntamente con la combinación de factores. En cuanto a la relación beneficio-costos, las combinaciones que tuvieron mayor acogida en los tratamientos fueron: el T19: Tomate rojo morado + Kinetina + 5 mg/lit con \$46,91 y T10: Tomate amarillo + Bencil aminopurina + 3 mg/lit con \$32,97 correspondientemente, dejando una relación beneficio-costos de \$3,92 y \$3,06 lo que representa que el productor de tomate de árbol bajo la propagación in vitro por cada dólar invertido tendrá una ganancia de \$2,92 y \$ 2,06 respectivamente. T15: Tomate rojo morado + Bencil adenina + 5 mg/lit y T7: Tomate amarillo + Kinetina + 5 mg/lit \$32,91 en cuanto a la relación beneficio-costos nos dejan el siguiente valor \$3,05 lo que significa que también el productor puede beneficiarse de estos tratamientos ya que por cada dólar invertido tiene una ganancia de \$2,05 representable. Por último, también se obtuvo las peores combinaciones en los tratamientos: T22: Tomate rojo morado + Bencil aminopurina + 3 mg/lit con \$-9,03 y el T11: Tomate amarillo + Bencil aminopurina + 5 mg/lit con \$-2,09 exponiendo una relación beneficio-costos de \$0,44 y 0,87 esto quiere decir que el productor por cada dólar que invierta tendrá pérdidas \$0,56 y 0,13 entonces dichos tratamientos no le convienen para su beneficio.

**Palabras claves:** Tomate de árbol, citoquininas, dosis, cultivo in vitro, meristemos, beneficio-costos, explantes, control aséptico.

## SUMMARY

The tree tomato *Solanum betaceum* L, is native to South America, the main producing countries are Ecuador and Colombia. The plant is semi-woody, 2-3 m high. The fruit is an ovoid elliptical berry, 5-10 cm long and 8-5 cm in diameter, the fruits are covered by a thick and bitter skin with red, orange and yellow shades, weighing 80-90 g when ripe. In the present research "Evaluation of explants in two varieties of tree tomato *Solanum betaceum* L. by in vitro propagation, using three types of cytokinins in four doses, in the Guaranda canton, province of Bolivar". The objectives were the following: i) To determine the best variety of tree tomato for the propagation of explants. ii) To establish the best type of cytokinin for in vitro biotechnology processes. iii) To determine the best dose of cytokinin for tree tomato explants. iv) To carry out an economic analysis of the benefit-cost ratio. The variables evaluated were: Days to sprouting in the laboratory (DBL), Number of shoots per explant (NBE), Number of leaves per shoot (NHB), Height of shoots (AB), Percentage of contaminated tubes (PTC) and Rate of multiplication (TVM,) these variables were taken in a period of time between 15, 30 and 45 days. The factors present that coexisted are: Factor "A" Varieties, Factor "B": Types of Cytokinins, Factor "C": Dosage of Cytokinins. The type of statistical analysis performed was: i) Tukey test at 5% to compare the averages of factors A, B, C, AxB, AxC, BxC and AxBxC. ii) Tukey test at 5% to compare the averages of the treatments in the variables that are significant (Fisher protected). iii) Correlation and linear regression analysis. The results obtained in the research are that no significant statistical evidence was detected in some variables, while in other variables there was a high statistical significance, together with the combination of factors. Regarding the benefit-cost ratio, the combinations that had the highest acceptance in the treatments were: T19: Red purple tomato + Kinetin + 5 mg/l with \$46,91 and T10: Yellow tomato + Benzyl aminopurine + 3 mg/l with \$32,97 correspondingly, leaving a benefit-cost ratio of \$3,92 and \$3,06, which represents that the tree tomato producer under in vitro propagation for each dollar invested will have a profit of \$2,92 and \$2,06 respectively. T15: Red purple tomato + Benzyl adenine + 5 mg/l and T7: Yellow tomato + Kinetin + 5 mg/l \$32,91 in terms of benefit-cost ratio leave us the following value \$3,05 which means that also the producer can benefit from these treatments since for each dollar invested he has a profit of \$2,05 representable. Finally, the worst combinations of treatments were also obtained: T22: Red purple tomato + Benzyl aminopurine + 3 mg/l with \$-9,03 and T11: Yellow tomato + Benzyl aminopurine + 5 mg/l with \$-2.09 exposing a benefit-cost ratio of \$0,44 and 0,87 this means that the producer for each dollar invested will have losses \$0,56 and 0,13 then these treatments do not suit him for his profit.

**Keywords:** Tree tomato, cytokinins, dosage, in vitro culture, meristems, benefit-cost, explants, aseptic control.

# CAPÍTULO I

## 1.1. Introducción

El tomate de árbol *Solanum betaceum L.*, también llamado Tamarillo, es originario de Sudamérica. Los principales países productores son Ecuador y Colombia. La planta es semi leñosa de 2 a 3 m de altura. La fruta es una baya elíptica de forma ovoidal, mide entre 5 y 10 de cm de largo, y de 8 a 5 cm de diámetro. Además, la fruta está cubierta por una cáscara gruesa y amarga en tonos rojos, naranjas y amarillos, en estado de madurez, pesa entre 80 y 90 g. El ciclo de producción inicia a los ocho y nueve meses después del trasplante en campo. La vida comercial de la planta es de ocho años. El fruto es rico en potasio, fibra y tiene vitamina A, B, C y K (Feicán, 2016).

Durante el período 2005 - 2015 los países andinos como Perú, Chile, Ecuador y Colombia presentaron una tendencia creciente en la producción de frutas y vegetales. Este crecimiento fue evidenciado por el aumento de exportaciones hortofrutícolas en esos países de toda América Latina, cuyo promedio anual fue de 4,2 % (Comisión Económica para América Latina, 2015).

En la región Sierra Ecuatoriana, durante el periodo 2015-2017, el área de cultivo de tomate

de árbol se incrementó en un 70 %, pasando de 4500 a 7600 ha. Actualmente, las provincias más sobresalientes son Imbabura, Tungurahua y Pichincha. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el tomate de árbol se ubica en el décimo puesto de los cultivos frutícolas interandinos en términos de rendimiento, y en el puesto décimo quinto en términos de área cultivada. El área cultivada y cosechada, así como el rendimiento por hectárea, presentan una tendencia de crecimiento en los últimos años (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018).

Las exportaciones de esta fruta se iniciaron en el Ecuador a fines de la década de los años 80 y en los últimos 15 años ha crecido para los productores dedicados a este cultivo, dando la primera exportación de 600 kilogramos de fruta fresca de tomate de árbol de Ecuador a los Estados Unidos. El trabajo conjunto del productor,

exportador y Agrocalidad contribuyen a incrementar los recursos de la cadena de comercialización ante el posible aumento de la demanda del producto ecuatoriano en el mercado americano (AGROCALIDAD, 2019).

Una opción a la propagación tradicional es el cultivo in vitro siendo una herramienta biotecnológica que utiliza el concepto de la totipotencia celular, como uno de sus fundamentos, nos indica que cualquier célula vegetal contiene una copia íntegra del material genético de la planta a la que pertenece, parte de la respuesta de totipotencia celular, morfogénesis in vitro y de regeneración de plantas ocurren en presencia de niveles apropiados de citoquininas y auxinas (Criollo, 2016).

Las citoquininas son las encargadas de interrumpir la dominancia apical, promover la inducción y proliferación de las yemas axilares in vitro, siendo importante conocer las concentraciones y el tipo de citoquinina que debe utilizarse dependiendo cada caso, estos son los factores que influyen en el éxito de la micropropagación in vitro (Erig, 2017).

Los objetivos planteados en la presente investigación fueron:

- Determinar la mejor variedad de tomate de árbol para la propagación de explantes.
- Establecer el mejor tipo de citoquinina para procesos de biotecnología in vitro.
- Determinar la mejor dosis de citoquinina para los explantes en tomate de árbol.
- Realizar el análisis económico en la relación beneficio – costo.

## 1.2. Problema

El tomate de árbol es una fruta tropical de la zona andina, que se planta principalmente en Colombia, Ecuador y Perú. Entre la variabilidad existente de esta especie está el tomate de árbol partenocárpico, el cual es una rareza en los huertos comerciales y aún no se conoce su manejo agronómico. La propagación sexual de este tipo de tomate no es posible, debido a que los frutos presentan muy poca o ninguna semilla; por lo tanto, se debe recurrir a métodos de reproducción vegetativa como estacas, injerto, o mediante procedimientos de laboratorio como el cultivo de tejidos in vitro (Espinosa, 2019).

El tomate de árbol tiene muchos problemas relacionados con el manejo, ataque de enfermedades, plagas, inadecuada nutrición e insuficiente y deficiente manejo de post cosecha. Para el control de enfermedades, insectos y nematodos se usa los pesticidas en forma excesiva, lo que causa grandes problemas a la salud de los productores, consumidores y del ambiente.

En Ecuador se cultiva desde zonas secas con 400 mm/año o menos con riego complementario, hasta en la selva oriental con más de 1000 mm/año, lo que demuestra su capacidad adaptativa; sin embargo es susceptible a enfermedades como: *Colletotrichum sp.*, *Phytophthora sp.*, *Alternaria sp.*, *Sclerotinia sp.*, *Botrytis sp.*, *Pseudomonas solanacearum*, *Cercospora sp.*, *Phoma sp.*; plagas *Leptoglossus zonatus*, *Podischnus agenor*, *Ancognata sp.*, *Margarodes sp.*, *Trigona trinadensis*, nematodos, ácaros y varias especies de áfidos.

Este trabajo investigativo está enfocado a la definición del alcance que puede lograr la biotecnología, demostrando que los cultivos in vitro ofrecen una gran ventaja en los programas de mejoramiento y propagación de plántulas de calidad y a gran escala. Mediante este trabajo de investigación a desarrollarse se evaluará 3 tipos de citoquininas: Bencil Adenina, Kinetina y Bencil Aminopurina con 4 dosis: 1, 3, 5 y 7 mg en explantes de 2 variedades de tomate de árbol: amarillo y rojo morado.

La propagación sexual es complicada porque se deben seguir una serie de características, las cuales pueden ser; la planta madre, fruto y semilla. La planta madre no debe ser muy joven ni muy vieja; debe estar en pleno periodo vegetativo,

libre de insectos y enfermedades; debe tener alta productividad. El fruto debe estar maduro, sano y en buen estado de conservación; debe tener buena forma, color y tamaño normal; para que exista un alto porcentaje de germinación. De los frutos seleccionados se extraen manualmente las semillas las cuales deben ser colocadas en un recipiente con agua, dejando fermentar los rezagos de pulpa y mucílago por aproximadamente 3 o 4 días.

Después de que la semilla quede limpia, se extiende sobre vidrio, cerámica o materiales de plástico en un lugar fresco y ventilado, obviando los rayos del sol, para evitar la muerte del embrión si no se siguen estos pasos o se falla en alguno no se podrá producir la planta es por eso que se deduce que la propagación sexual es muy compleja en este tipo de cultivo.

Podemos decir que en el ámbito de la biotecnología se maneja estrictos protocolos de asepsia dándose uso a una gran cantidad de desinfectantes como los peróxidos y clorhidratos, que manejados correctamente permiten evitar contaminaciones e incluso la muerte de los brotes de tal forma que los laboratorios de biotecnología son aptos para micropropagar plantas con problemas de proliferación sexual, además que la biotecnología nos ayuda a la micropropagación in vitro utilizando reactivos y bioactivadores o fitorreguladores de crecimiento.



### 1.3. Hipótesis

- **H<sub>0</sub>:** La propagación in vitro de explantes de tomate de árbol no dependerá de las variedades, citoquininas y dosis.
- **H<sub>1</sub>:** La propagación in vitro de explantes de tomate de árbol dependerá de las variedades, citoquininas y dosis.

## CAPÍTULO II

### 2. Marco teórico

#### 2.1. Origen

El tomate de árbol *Solanum betaceum L.* es una especie originaria de los Andes, principalmente de la vertiente oriental de Ecuador y Perú, además fue domesticada y cultivada antes del descubrimiento de América. Era una especie cultivada por los antiguos habitantes del Perú. Y esto es parte de la comida que fue desplazada tras la llegada de los españoles. A pesar de su antigüedad, no se conoce ningún nombre en la lengua nativa (PROCISUR, 2018).

#### 2.2. Clasificación taxonómica

En base a la propuesta realizada por Bohs 1995, de incorporar la totalidad del género *Cyphomandra* en el género *Solanum*, la nueva clasificación taxonómica, quedaría de la siguiente manera:

**Reino:** Vegetal

**División:** Fanerógamas

**Subdivisión:** Angiospermas

**Clase:** Dicotiledóneas

**Subclase:** Metaclamideas

**Orden:** Tubiflorales

**Familia:** Solanaceae

**Género:** *Solanum* (*Cyphomandra*)

**Especie:** *Solanum betaceum L.* (*Cyphomandra betacea Sendt*)

#### 2.3. Descripción botánica

##### 2.3.1. Planta

El tomate de árbol es una planta diploide con 24 cromosomas, originalmente clasificado como *Solanum betaceum L.* por Cavanilles en 1799, fue transferido por

Sendtner en 1845 al género *Cyphomandra*, donde permanecía hasta hace poco tiempo, cuando Bohs 1995, lo reintegró a *Solanum*. Dicho cambio obedece a los estudios moleculares utilizando el ADN cloroplástico realizados por Olmstead y Palmer en 1992, que luego fueron complementados por trabajos de Bohs en 1998, que justificarían el reciente cambio en el nombre (Albornoz, 2017).

### **2.3.2. Raíz**

Las raíces de este frutal pueden alcanzar profundidades de hasta 1 m, pero la mayor concentración de raíces menores a 2 mm (absorbentes) y mayores a 2 mm se concentran hasta 50 cm de profundidad, principalmente en los primeros 25 cm, comportamiento similar presentan las raíces en el crecimiento horizontal a partir del tronco, mostrando ligeras variaciones de acuerdo a la textura del suelo, que osciló del franco arenoso al franco arcilloso, considerándolo por lo tanto poco extenso, superficial y de tipo fasciculado. Variaciones en el manejo del suelo durante la plantación y el desarrollo del cultivo, ubicación de los fertilizantes y abonos y el tipo de sistema de riego, pueden provocar variaciones en el crecimiento del sistema radicular pero las tendencias de las concentraciones de las raíces se mantendrían (León & Viteri, 2015).

### **2.3.3. Tallo**

El tomate de árbol es un arbusto de tallo cilíndrico que puede alcanzar alturas entre 2.5 – 3.0 m y se ramifica en tres ramas a un rango de altura entre 1.0 m – 1.5 m, de acuerdo al genotipo cultivado la nutrición y el ambiente donde se desarrolla. Cuando las plantas de tomate de árbol son injertadas, se obtienen plantas más bajas que alcanzan alturas cercanas a los 2.0 m. el tallo es recto, presentan una coloración verde – oscuro o verde pálido con lenticelas y pubescencias en estado juvenil, que luego se torna verde grisáceo en el estado adulto; inicialmente es suculento, pero empieza a tornarse semileñoso a medida que se desarrolla y se ramifica (Bohs, 2018).

### **2.3.4. Hojas**

Grandes, 30- 40 cm de largo y 15-20 cm de ancho en plantas jóvenes y 20-25 cm de largo y 10-15 cm de ancho en plantas productivas. Forma de corazón, alterno,

liso y borde Completo. La superficie superior es lampiña y de color verde oscuro. La parte inferior es de color verde claro y tiene pelos cortos entrelazados. La vena principal es visible (Revelo, 2017).

### **2.3.5. Inflorescencia**

Son de tipo cima-escorpioidea o racimo que sufren alteraciones morfológicas y se apartan algo de estos tipos en algunos casos, se desarrollan en las axilas de las hojas o sobre ellas, pueden estar conformadas hasta por 40 flores (Albornoz, 2017).

Las flores son pediceladas, pentámeras con corola de color rosado. La polinización es autógena en gran parte, pero también tiene polinización alógama o cruzada ya que las flores abiertas son visitadas por abejas (Bohs, 2018).

### **2.3.6. Fruto**

Es una baya de forma ovoide-apiculada que presenta una coloración verde cuando está inmadura y naranja, roja, morada cuando madura. Pertenece al grupo de frutas semi-ácidas. La longitud varía entre 4,5 y 7 cm. En su parte más ancha mide entre 3 y 4 cm. El peso promedio puede variar entre 40 y 70 g. Tiene una piel fina, lisa y resistente al transporte y una cutícula de sabor amargo. La pulpa es muy jugosa, de color anaranjado, de sabor agridulce (algo ácida), agradable y muy particular. En el fruto se encuentran numerosas semillas, entre 300 y 500 (PROCISUR, 2018).

### **2.3.7. Semillas**

Redondas, recubiertas con un gel que posee alto contenido de antocianinas. Las semillas son pequeñas, de 2 a 4 milímetros de largo y planas en forma de lenteja, de color blanco suave, cuando maduran se cubren con pigmentos anaranjados, rojos o morados fuertes que matizan el jugo de la fruta. las semillas brotan de la gelatina y su número varía entre 200-300 unidades en diferentes variedades (Gómez & Trujillo, 2019).

## **2.4. Variedades**

Según (Albornoz, 2017) dice que: el cultivo de tomate de árbol en el Ecuador, se caracteriza por la gran heterogeneidad en formas y tamaños de los frutos en todos

los huertos y dentro de una misma plantación, dado por hibridaciones y mezcla de material genético producidas a lo largo del tiempo.

En el Ecuador posiblemente existen cinco variedades cultivadas nativas, éstas son:

- Amarilla, conocida con el nombre de “Oro de Inca”
- Negra o “tomate de altura”
- Tomate de árbol “pintón”
- Tomate de árbol “redondo”
- Tomate mora, “rojo o mora”

Sin embargo, con el propósito de tener una definición comercial, se puede decir que existen variedades de pulpa morada, denominadas “tomate mora”, y variedades de pulpa amarilla; en estos dos grandes grupos los agricultores definen a las variedades tomando en consideración la forma del fruto.

La variedad más difundida es la tradicional anaranjada, habiéndose introducido últimamente el tomate “mora”, de color morado y pulpa más rojiza, pero de rentabilidad inferior.

En Ecuador se producen tres variedades reconocidas de tomate de árbol, aunque comercialmente no se las diferencia y se detallan a continuación:

- Tomate común: de forma alargada, color morado y anaranjado.
- Tomate mora: de forma oblonga y de color morado.
- Tomate redondo: de color anaranjado rojizo.

#### **2.4.1. Variedad tomate de árbol amarillo**

También conocido como el tomate dorado, es un poco más ácido que otras variedades, pero igual de nutritivo. El tomate de árbol variedad amarillo es de menor tamaño y al igual que el resto de variedades es otro representante de la familia del ají, el tomate de carne y otros. Estas semillas se originaron en un bosque comestible de la provincia de Tungurahua-Ecuador, son plantas gregarias que rinden mejor en asociación con otros cultivos, especialmente con aquellos que le

permitan establecer una comunidad para que existan condiciones de temperatura y luz adecuadas (Redsemillas, s.f.).

#### **2.4.2. Variedad tomate de árbol rojo morado (tomatillo)**

Frutos de forma oval, redondos, de color púrpura intenso y suaves rayas verticales verdes. Pesa aproximadamente 90 gramos. Presenta un diámetro de 5.2 cm y longitud de 6 cm. El color de la pulpa es naranja. Puede tener aproximadamente 300 semillas por fruto (Camara de Comercio de Bogotá, 2015).

#### **2.4.3. Variedad tomate de árbol rojo**

Es particularmente delicioso, y cuando se come, ha algunas personas les gusta crudo, a otras les gusta cocido, y los chefs lo usan para decorar la comida en la mesa. Por sus excepcionales propiedades nutricionales, ricas en antioxidantes y excepcionalmente ricas en vitaminas y minerales naturales, son perfectas para bebidas, postres, meriendas y platos principales (Admin, 2019).

#### **2.4.4. Variedad de tomate de árbol común**

Típicamente de apariencia esférica, los tomates suelen tener unas tres pulgadas de diámetro. Antes de la madurez, su piel es verde y se vuelve roja con el tiempo.

Los tomates se componen principalmente de agua, carbohidratos, vitamina C, B5, B2, B1 y varios minerales (Diferencias , 2017).

#### **2.4.5. Variedad de tomate de árbol naranja**

Otra variedad que nos ha proporcionado la naturaleza, el Tomate de Árbol Naranja, también conocido como Ámbar, que se caracteriza por ser más dulce que las otras variedades. Tienen el mismo tamaño pequeño que los demás, suaves y con rico sabor además tiene una piel dorada muy atractiva (Admin, 2019).

### **2.5. Propiedades y beneficios**

Los frutos del tomate de árbol son una fuente de compuestos bioactivos apreciados, como ácido rosmarínico, ácidos cafeoilquínicos, taninos condensados, antocianinas, ácido ascórbico y fibra dietética soluble; sus valiosos compuestos también están presentes en la piel, pulpa y semillas en polvo, convirtiéndolos en una excelente fuente de nutraceuticos (Orqueda & otros, 2020).

Se menciona que “el tamarillo es considerado una especie con gran potencial nutricional y productivo, ya que, por ser un fruto infrecuente y privilegiado de los Andes, representa una opción productiva frente a las nuevas tendencias del comercio” (Villares & otros, 2018).

Se considera una fruta con propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, anti proliferativas (evita la proliferación de células, especialmente cancerosas) y anti obesidad. Es en este último sentido que resulta útil, pues es baja en calorías y contiene una importante cantidad de agua, por lo que es ideal para incluir en dietas de adelgazamiento, según el portal de recetas Cocina Casera (Semana, 2023).

## **2.6. Fenología del cultivo**

La fenología comprende el estudio de los fenómenos biológicos vinculados a ciertos ritmos o fases. En su ciclo ontogénico, las plantas experimentan cambios visibles o no, que están estrechamente relacionados con el genotipo, el clima (temperatura, luz, fotoperiodo), disponibilidad de agua y condiciones biológicas (Mosquera, 2020).

El comportamiento fenológico del tomate de árbol cambia según la zona de su aparición. Se ha observado que en la zona subtropical vuelve a comportarse como una especie con flores y puede dar frutos durante todo el año. No ocurre lo mismo en las regiones templadas, donde la estacionalidad es considerable: la germinación comienza en los primeros días cálidos de agosto, la floración y brotación en octubre, noviembre y diciembre, y los frutos listos para la cosecha en marzo-abril, mayo y junio (PROCISUR, 2018).

## **2.7. Factores ambientales y edáficos**

Se determina que para el mejor desarrollo y producción del tomate de árbol se requieren los siguientes factores (INIAP, 2018):

### **2.7.1. Clima**

Zonas con clima templado a templado frío del Callejón Interandino. El clima templado es el óptimo. En climas fríos, el inicio de la primera cosecha se retarda,

pudiendo iniciarse alrededor de los 14 meses después del trasplante. Además, en estas zonas es frecuente la presencia de heladas y granizo a los cuales es sensible.

### **2.7.2. Altitud**

Es posible cultivarlo en un rango de 430 a 3000 m.s.n.m, sin embargo, el óptimo se encuentra en 1500 a 2600 m.s.n.m.

### **2.7.3. Temperatura**

Depende de la altitud y cubre un rango de 13 a 24°C, pero el óptimo es un promedio anual de 15 a 19°C. Temperaturas inferiores a 12°C ocasionan la caída de las flores.

### **2.7.4. Precipitación**

La planta de tomate de árbol requiere alrededor de 1200 mm de precipitación, distribuidos regularmente durante el año, para proporcionar una producción óptima.

En zonas con precipitaciones inferiores a 1000 mm anuales, es necesario disponer de agua suplementaria, la misma que es facilitada al cultivo mediante riegos a intervalos de 8 días.

En presencia de precipitaciones superiores a 2500 mm anuales, se deben realizar canales de drenaje, debido a que las raíces no resisten el exceso de agua y el encharcamiento. Cuando se presentan estas condiciones, las raíces se pudren, la planta se marchita, las hojas, flores y frutos se caen y la planta muere.

### **2.7.5. Humedad relativa**

75 a 87% media anual.

### **2.7.6. Radiación (luz)**

Es la duración de la luminosidad del día. En Ecuador, por su ubicación astronómica en el subtrópico y las zonas productoras de este frutal en el subtrópico interandino y con clima temperado, la duración de la luminosidad del día durante todo el año es cercan a las 12 horas.

Dependiendo de los meses del año y de la localización del lugar, la cantidad de horas luz varía poco. Incluso en meses lluviosos y en zonas con neblina frecuente,



el número de horas de luz no llega a ser menor de 6 a 8 horas que es el mínimo requerido para su normal desarrollo y producción.

#### **2.7.7. Vientos**

Es conveniente seleccionar zonas de calma, libres de vientos fuertes. Los vientos fuertes y frecuentes provocan la caída de las flores y destrozan hojas y ramas que se rompen fácilmente por el peso de los frutos, ocasionando importantes pérdidas.

#### **2.7.8. Granizo**

Zonas libres de este factor para evitar la destrucción de la planta.

#### **2.7.9. Heladas**

Zonas libres de este fenómeno para evitar la destrucción del cultivo. Altitudes sobre los 2600 m.s.n.m es usual la presencia de heladas.

#### **2.7.10. Suelo**

Profundos, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica.

### **2.8. Propagación**

#### **2.8.1. Propagación sexual**

Aunque el tomate de árbol puede propagarse vegetativamente, el sistema de propagación más común y rutinario es por semillas. La etapa de germinación generalmente se completa en un periodo de 14 a 28 días, dependiendo de la temperatura y el tipo de sustrato de germinación (Acosta & otros, 2016).

El porcentaje de germinación suele ser bajo de no seleccionarse las semillas de los mejores frutos y plantas madres. Al ser plantas alógamas, la propagación a través de semillas no es una opción viable para la multiplicación de genotipos de élite (Cevallos, 2014).

En las plantas derivadas de semillas, la producción de fruta comienza después de aproximadamente 18 meses, mientras que las plantas obtenidas de esquejes alcanzan la madurez antes, favoreciendo con una producción temprana (Acosta & otros, 2016).

Las semillas forman un hábitat importante para los microorganismos, albergando una amplia gama de microorganismos tanto patógenos como benéficos; pueden tener un efecto persistente en plantas producidas a partir de estas (Shahzad, Khan, Bilal, Asaf, & Lee, 2018).

### **2.8.2. Propagación asexual**

Esta se practica mediante esquejes e injertos de púa terminal que son enterrados en el sustrato; se recomiendan portainjertos de especies resistentes nematodos y pudrimiento radicular, como *Nicotiana glauca*, *Solanum auriculatum* y *Solanum hispidum*” (Feicán, Encalada, & Becerril, 2016).

La reproducción asexual (vegetativamente), mediante la obtención de estacas, acodos, ramas o injertos. El sistema más utilizado ha sido el de estaca; empleando estacas extraídas de los chupones basales o aéreos, deben presentar aproximadamente 30 cm de largo y presentar varias yemas; este material vegetativo debe provenir de plantas sanas. Las estacas se ubican en un sustrato de turba y se estimula su enraizamiento con la aplicación de auxinas. La permanencia en vivero de estas plántulas es hasta que alcancen 0,7 a 1 metro de altura. Otro método comúnmente empleado es el injerto, el cual influye en el incremento de la producción. Ambos procedimientos se deben realizar con ramillas jóvenes y sin enfermedades. La reproducción asexual provoca la transmisión de patógenos causantes de enfermedades de la planta madre a sus clones (Rathore, Yadav, Yadav, Kheni, & Jha, 2015).

Esta es la razón por la que el tomate de árbol se ha considerado un cultivo de productividad limitada, debido a la presencia de problemas fitosanitarios transmitidos mediante los métodos tradicionales de propagación, lo que conduce a buscar métodos de mayor eficiencia como el cultivo in vitro (Criollo, Insuasti, & Delgado, 2016).

### **2.9. Zonas productoras**

El tomate de árbol se cultiva en el Ecuador, en altitudes que van desde los 1000 hasta los 3000 m.s.n.m., bajo un rango de temperatura que oscila entre los 8 °C hasta 26 °C y precipitaciones de 500 a 2500 mm.

Los principales países productores son Ecuador y Colombia. Dentro de Ecuador el área de cultivo de tomate de árbol se incrementó en un 70 %, pasando de 4500 a 7600 ha (FAO, 2018).

Actualmente las provincias más importantes son Imbabura, Tungurahua y Pichincha. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el tomate de árbol ocupa el décimo lugar entre los cultivos frutales entre los Andes y el quinto en cuanto a superficie cultivada. El sector de cultivo y reparación y el rendimiento por hectárea muestran una tendencia de crecimiento en los últimos años (Moreno & Peñafiel, 2020).

En la provincia de Bolívar en la Parroquia San Pablo de Atenas y en el Cantón Chillanes son los mayores productores de tomate de árbol, con una producción de 1774 tn/ha (Coloma, 2015).

Durante el 1 de enero al 8 de noviembre del 2018 el precio de venta del tomate de árbol en los mercados mayoristas de las principales ciudades del Ecuador fue variable, alcanzándose el mayor precio en Guayaquil (1,12 USD kg-1), mientras que el más bajo se registró en Bolívar (0,52 USD kg-1) (INIAP, 2022).

## **2.10. Comercialización**

El tomate de árbol tiene la cualidad de ser un producto de venta muy versátil, en ocasiones se le cataloga como un fruto muy noble, ya que se encuentra disponible en el mercado a lo largo de todo el año, siempre cuenta con un precio accesible y sus características nutricionales son 12 ampliamente conocidas, esto conlleva a que su estrategia de comercialización sea también muy variada. Con frecuencia, la comercialización se concibe en términos de la mezcla de mercadotecnia, o de las “cuatro Pes” de la mercadotecnia: producto, precio, promoción, plaza. Las ventas son la conexión directa entre la empresa y sus compradores y, por tanto, forman parte de la comercialización (León, Viteri, & Cevallos, 2019).

La primera exportación de 600 kilogramos de fruta fresca de tomate de árbol de Ecuador a los Estados Unidos. Este monto fue verificado y certificado por la agencia del centro de acopio Ambato en el sitio de producción en Salcedo. Esto significa un gran aumento de negocio para los productores dedicados a este cultivo,

actualmente nuestro país tiene requisitos de exportación a 33 destinos alrededor del mundo. En 2018 exportó 20.000 kg de frutos frescos de tomate de árbol a España, Países Bajos, Bélgica, Francia, Emiratos Árabes Unidos, Italia, Suiza y Alemania.

El cultivo de tomate de árbol se concentra principalmente en Tungurahua, Pichincha, Imbabura, Cotopaxi, Chimborazo, Azuay y Loja (AGROCALIDAD, 2019).

### **2.11. Biotecnología**

La biotecnología vegetal es la mejora de cultivos, plantas y procesos en la agricultura a través de métodos y técnicas que permiten la copia, ampliación o modificación de características consideradas aptas para la producción. La mejora agrícola es una de las prácticas más antiguas del mundo, habiendo evolucionado durante miles de años. Gracias a estos procesos se pueden crear nuevas variedades de plantas con propiedades especiales.

Se puede utilizar métodos clásicos, como injertos o cultivo in vitro, que permiten una transmisión de caracteres precisa y controlada. El uso de estas tecnologías aumenta la productividad, reduce los costos, genera innovaciones en el mercado, mejora los alimentos, promueve prácticas agrícolas ecológicas y muchos otros beneficios (Bioplan, 2019).

### **2.12. Descripción histórica de los principales descubrimientos**

La posibilidad de cultivar células y tejidos vegetales in vitro parte de los trabajos de Sachs y Knop en 1860, quienes establecieron las bases químicas de la nutrición vegetal, al descubrir que las plantas podían vivir en una solución de diferentes sales minerales. El cultivo celular, como se conoce en la actualidad, se inicia con los trabajos de Haberlandt en 1902, quien utilizando la solución de Knop, fue el primero que cultivó células aisladas completamente diferenciadas de diversos tejidos vegetales, observando que estas células crecían en extensión y grosor, pero no se dividían. Posteriormente, numerosos investigadores, bien individualmente o trabajando en equipo, han contribuido a elaborar los conocimientos que han permitido desarrollar la moderna Biotecnología Vegetal (García, 2021).

### **2.13. Tipos de biotecnología**

La biotecnología se clasifica de acuerdo a sus áreas de interés, empleando un sistema que le asigna a cada una un color específico (Etecé, 2020):

#### **2.13.1. Biotecnología roja o médica**

También llamada Biomedicina, consiste en la obtención de sustancias y procedimientos que permitan la preservación de la vida humana, curando enfermedades o previniéndolas.

#### **2.13.2. Biotecnología verde o agrícola**

Aquella que tiene que ver con el sector agropecuario de la cadena productiva y que busca incidir en la alimentación humana, a través de la obtención de especies más productivas, más resistentes o con nuevas propiedades adicionales.

#### **2.13.3. Biotecnología azul o marina**

Se dedica a la exploración de los océanos y sus diversos ecosistemas como una fuente posible de materiales biotecnológicos de importancia.

#### **2.13.4. Biotecnología blanco o industrial**

Es aquella que se interesa por la obtención de energía, materiales o catalizadores aprovechables por el ser humano, tales como biorreactores, biocombustibles.

#### **2.13.5. Biotecnología gris o ecológica**

Su principal objetivo es la preservación del medio ambiente, a través del diseño y la producción de soluciones para desastres medioambientales, como la contaminación o los derrames petroleros, entre otros.

#### **2.13.6. Biotecnología dorada o informática**

Constituye el ala electrónica e informática de todos estos procesos, que se hermana con la computación para diseñar mecanismos de procesamiento de información de origen biológico.

### **2.13.7. Biotecnología amarilla o nutricional**

Aquella que se dedica a la industria alimentaria, o sea, a la obtención de alimentos más sanos, resistentes, nutritivos y/o sabrosos, mediante la incorporación de elementos de origen biológico.

### **2.13.8. Biotecnología púrpura o legal**

Consiste en la rama legal, jurídica y ética del conjunto de la biotecnología, encargada de regular las actividades de las demás ramas para que se lleven a cabo de manera ética.

### **2.13.9. Biotecnología negra o bélica**

La más peligrosa de todas y la más inmoral, es la que concierne al desarrollo de armas biológicas, destinadas a la guerra o al bioterrorismo. Sus consecuencias bien pueden ser catastróficas e impredecibles.

## **2.14. Beneficios de la biotecnología**

Los beneficios de la biotecnología vegetal radican en los resultados de diversos estudios. En general, las ventajas de esta ciencia se pueden resumir de la siguiente manera (Centro de biotecnología, 2023):

### **2.14.1. Mejora las características vegetales**

- **Productividad:** Se suelen mejorar aspectos como la resistencia a plagas, virus, sequía y herbicidas. Además, otras funciones como mejorar el metabolismo, la absorción de nutrientes, maduración tardía de frutos.
- **Mejora la estructura de la planta,** según color, tamaño, olor.
- **Mejora su nutrición:** los enriquece con vitaminas y mejora todos los procesos nutricionales.

### **2.14.2. Explota la diversidad natural**

En la práctica, la mejora de las especies vegetales contribuye a mejorar la biodiversidad. En general la biotecnología vegetal es una excelente forma de proteger a la biodiversidad y a la naturaleza en general.

### **2.14.3. Beneficia al medio ambiente**

Esta ciencia ha influido en el desarrollo y cuidado del medio ambiente, principalmente porque reduce el uso de combustibles fósiles y labranza del suelo. En general, esta es una excelente manera de reducir el daño ambiental.

### **2.14.4. Contribuye a estudios científicos**

Participa en las diversas investigaciones que se llevan a cabo. En general, esta ciencia es una gran herramienta para mejorar los cultivos y las características de las plantas sin dañar el medio ambiente.

## **2.15. Cultivo in vitro**

El término cultivo in vitro (del latín en vidrio) abarca tanto el cultivo aséptico de tejidos como de células y órganos. Se le llama in vitro porque se cultiva en frascos de vidrio o plástico transparente, y es una descripción genérica que involucra diferentes técnicas de cultivo vegetal diverso incluyendo las de protoplasto, tejidos, órganos y plantas completas. Mediante estas y otras técnicas de cultivo es posible obtener plantas sanas en un medio de cultivo estéril y condiciones ambientales controladas (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y forestal, 2018).

### **2.15.1. Antecedentes del cultivo in vitro en *Solanum betaceum* L.**

El cultivo de tejidos vegetales se ha desarrollado en base a la investigación realizada por botánicos y fisiólogos de plantas desde la década de 1950. Sin embargo, el trasfondo de la ciencia del cultivo de tejidos vegetales es el estudio de las hormonas que regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Este conocimiento se combinó con técnicas basadas en la microbiología en las que los microorganismos se cultivan en medios estériles para la producción y detección de microorganismos (Blogspot, 2017).

Desarrollaron un protocolo de propagación de tomate de árbol, el medio suplementado con Bencil aminopurina (BAP) 40 mg, fue el más efectivo para inducir brotes múltiples a partir de explantes foliares, produciendo  $4,67 \pm 0,15$  brotes por explante; las plántulas regeneradas se trasplantaron al invernadero y se registró una tasa de supervivencia del 90 %. Se analizó la respuesta de tejido de

*Solanum betaceum L.* previamente establecido in vitro a distintas concentraciones de auxinas y citoquininas. Gran parte del trabajo realizado en tomate de árbol está relacionado con la inducción de embriogénesis somática; la propagación vegetativa aún sigue en desarrollo (Obando, 2017).

### **2.15.2. Ventajas del cultivo in vitro**

Existen algunas ventajas del cultivo in vitro en plantas frente a los métodos convencionales de cultivo de estos ejemplares, entre ellas destacan (Espinoza, 2020):

- Rápida producción de plantas genéticamente idénticas (clones).
- Períodos más cortos para obtener vegetales en espacios más pequeños.
- El crecimiento controlado de fitorreguladores de plantas in vitro da como resultado un desarrollo robusto de las plantas.
- Con estas tomas, es posible obtener muchas muestras, incluso vegetales ilimitados.
- Inclusión de líneas parentales en programas de mejoramiento.
- Las condiciones ambientales no interfieren, por lo que las plantas pueden desarrollarse independientemente de la estación y el clima.
- Las muestras tomadas están libres de microorganismos y patógenos, es decir son plantas sanas.
- Apta tanto asexual como sexualmente para obtener individuos de crecimiento lento y baja capacidad reproductiva.
- Las técnicas son adecuadas para la propagación de plantas interesantes y útiles para las personas, como alimentos, materias primas industriales, productos diversos, así como compuestos medicinales, plantas ornamentales, etc.
- Propagación de plantas que son difíciles de propagar por métodos tradicionales.



### **2.15.3. Desventajas del cultivo in vitro**

Existen algunas desventajas del cultivo in vitro se nombran a continuación (INIA, 2016):

- La mayor desventaja de cultivar plantas in vitro es que puede generar altos costos de producción.
- No todas las especies son capaces de reproducirse in vitro.
- Cada especie requiere de métodos específicos.
- Requiere de personal especializado.
- Requiere de, infraestructura y equipamiento.
- Los productos químicos son de elevado costo.

### **2.15.4. Facilidades requeridas para el cultivo in vitro (CENTA, 2018)**

- El laboratorio: Una habitación limpia conteniendo un número de estaciones de trabajo, cada una proveyendo aire filtrado en los cuales el material puede ser manejado sin riesgos de contaminación.
- Un cuarto de crecimiento: un cuarto con suministro de un régimen de iluminación y temperatura óptimas para el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Un invernadero: para aclimatar las plantas a condiciones naturales donde ella se desarrollará como una planta completa.

### **2.16. Contaminación microbiana en el cultivo in vitro**

La contaminación microbiana es uno de los problemas más graves en la micropropagación de especies vegetales a nivel mundial, produce cuantiosas pérdidas de material, tanto en los trabajos de investigación como en la micropropagación comercial. Puede tener dos orígenes:

- Microorganismos que colonizan la superficie o el interior del explante (endófitos).
- Microorganismos introducidos durante la manipulación en el laboratorio.

Los contaminantes más frecuentes en condiciones in vitro son los hongos, las bacterias y levaduras, denominados "vitropatógeno", aunque también existen otros menos frecuentes como los virus, viroides y micro artrópodos (ácaros y trips) (Zimmerman, 2017).

### **2.16.1. Vitropatógeno**

El término vitropatógeno ha sido usado para aquellos organismos que no son patógenos para las plantas en el campo, pero sí son perjudiciales para células, tejidos u órganos cultivados in vitro. Se ha confirmado que los vitropatógenos son dañinos para el cultivo de tejidos vegetales, ya que compiten con el explante por los nutrientes del medio y les producen daños directos e indirectos por la colonización de sus tejidos o liberación al medio de metabolitos tóxicos, aunque en la actualidad no se encuentran muchos trabajos en la literatura científica que expliquen el mecanismo de acción de los contaminantes, que los hacen perjudiciales para las plantas in vitro (Zimmerman, 2017).

### **2.16.2. Bacterias**

Las bacterias son los contaminantes in vitro más comunes y ocasionan serios problemas, porque pueden ser sistemáticos, así como difíciles de detectar y eliminar. Estos microorganismos escapan a los efectos de los esterilizantes superficiales y pueden ser inter o intracelulares. Entre los últimos, se encuentran los virus, viroides y muchos géneros bacterianos como: *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Lactobacillus*, *Erwinia*, *Enterobacter* y *Pseudomonas*. Su distribución puede ser localizada o sistémica por xilema o floema. Estos contaminantes no se manifiestan en los primeros subcultivos, ya que la alta presión osmótica, el pH y ciertas hormonas de los medios de cultivo pueden inhibir su crecimiento. Debido a este efecto inhibitorio, muchos microorganismos requieren un período de adaptación a las nuevas condiciones antes de manifestar su presencia; esto ocurre por lo general en la fase de multiplicación (Pérez, 2018).

Los coeficientes de multiplicación de plantas infectadas con contaminantes bacterianos latentes pueden mantenerse inalterables, pero reiteradamente se ha referido que decrecen. No obstante, en el cultivo de células y tejidos vegetales, el

efecto de la presencia de microorganismos no ha sido ampliamente examinado. Ellos demostraron que el efecto perjudicial de *Lactobacillus plantarum* era un resultado directo de la producción de ácido láctico, más que el efecto general de la disminución del pH (Hernández, 2019).

Como contaminantes in vitro de plantas, se han aislado especies de bacterias pertenecientes a los géneros: *Micrococcus*, *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Acinetobacter*, *Xanthomonas*, *Lactobacillus*, *Erwinia*, *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Methylobacterium*, entre otros, y como los microorganismos fungosos más frecuentemente introducidos al cultivo de tejidos se encuentran los géneros *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Curvularia* y *Fusarium* (Pérez, 2018).

### **2.17. Estrategias para controlar la contaminación microbiana**

Los microorganismos epífitos o endófitos de las plantas pueden ser introducidos al cultivo in vitro con el explante inicial. Diferentes autores señalan que con frecuencia es difícil identificar la fuente de contaminación y que han desarrollado protocolos para reducir la presencia de estos microorganismos contaminantes, que pueden encontrarse en la superficie, en el interior del explante o en ambos sitios, siendo los de la superficie más fáciles de eliminar (Hernández, 2019).

El éxito de los sistemas de propagación de plantas por biotecnología depende en gran medida del control y la prevención de la contaminación microbiana. Existen varias estrategias para controlar y manejar la contaminación, que incluyen la prevención mediante la selección y el tratamiento de la planta madre, la eliminación superficial del explante y la identificación de los microorganismos contaminantes, el control de la contaminación a través del uso de sustancias antimicrobianas y el cultivo de meristemos (Alvarado & Pérez, 2019).

### **2.18. Micropropagación**

Es una de las aplicaciones más generalizadas del cultivo in vitro, a través de la micropropagación, a partir de un fragmento (explante) de una planta madre, se obtiene una descendencia uniforme, con plantas genéticamente idénticas, denominadas clones. El explante más usado para los procesos de propagación in

vitro son las yemas vegetativas de las plantas. Por su parte, el medio de cultivo se compone de una mezcla de sales minerales, vitaminas reguladoras de crecimiento, azúcar, agua y agar. La composición del medio depende de la especie vegetal y de la etapa del proceso de micropropagación (Castillo, 2017).

### **2.19. Medios de cultivo**

Los tejidos vegetales en crecimiento en el laboratorio pueden abarcar cultivo de semillas, meristemos, callos y brotes, y requieren medios especializados para cultivo vegetal. Los medios Murashige y Skoog (también llamados medios MS, MSO o MS0) y el medio de Gamborg B5 son dos de las formulaciones de medios más esenciales utilizadas para cultivar plantas. Estos medios contienen todos los micronutrientes y macronutrientes, vitaminas, suplementos orgánicos y reguladores del crecimiento vegetal necesarios para el crecimiento y la multiplicación in vitro de células, tejidos y órganos vegetales. El medio de cultivo es el sustrato en el que se coloca el explante seleccionado, su composición varía según el objetivo y fin al que se destine. Tiene dos funciones principales: proporciona soporte físico y todos los nutrientes necesarios para el desarrollo del explante (Sigmaaldrich, s.f.).

### **2.20. Constituyentes minerales**

El medio de cultivo debe cubrir las necesidades del explante. En forma general éste se encuentra compuesto principalmente por sustancias inorgánicas como los macronutrientes que los conforman seis elementos mayores nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y Azufre (S); y los micronutrientes que son necesarios para el crecimiento del explante, pues juegan un papel esencial en los mecanismos enzimáticos como activadores o constituyentes de las coenzimas como hierro (Fe), manganeso (Mn), cobalto (Co), zinc (Zn), boro (B), cobre (Cu) y molibdeno (Mo) (Yáñez, 2012).

#### **2.20.1. Macronutrientes**

Los seis elementos mayores: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) conforman los macronutrientes requeridos por las células vegetales para alcanzar un crecimiento adecuado estructuralmente.

Dependiendo del medio de cultivo varían las dosis de estos elementos. Las concentraciones de nitrógeno son elevadas en la mayoría de los medios nutritivos; sin embargo, en algunas especies, el exceso contribuye a desordenes fisiológicos como la vitrificación de los tejidos (Perea, 2018).

### **2.20.2. Micronutrientes**

Son conocidos también como oligoelementos y considerados importantes para el desarrollo de las plantas. Su nombre hace referencia a la baja concentración que requieren los vegetales para su crecimiento. En los medios de cultivo establecidos por algunos investigadores, los más utilizados son: hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B) y molibdeno (Mo) (Perea, 2018).

### **2.20.3. Vitaminas**

Las vitaminas, en la mayoría de los casos, cumplen funciones de cofactores de reacciones enzimáticas (tiaminafosfato, piridoxina), en otros se comportan como sustrato de reacciones metabólicas (ácido nicotínico). La combinación de vitaminas en el medio de cultivo se definió a partir de los primeros estudios de cultivo de raíces. La composición vitamínica, en el caso de medio MS, está constituida por tiamina (Vitamina B1), ácido nicotínico (niacina) y piridoxina (vitamina B6), a la que normalmente se le adiciona el aminoácido glicina. Las concentraciones más usuales oscilan entre 0.1 a 0.5 mg por litro de solución de medio. Otros compuestos utilizados son: ácido ascórbico, ácido fólico, riboflavina y biotina. En todos los casos las variaciones en la formulación están dada por la especie utilizada y la respuesta buscada (Aula virtual, 2016).

### **2.20.4. Carbohidratos**

Los monosacáridos y disacáridos son las fuentes de carbono más importantes en los cultivos in vitro; por consiguiente, las condiciones de crecimiento deben ser estimuladas con el empleo de los carbohidratos para promover el proceso de la fotosíntesis. Entre ellos, es común el empleo de monosacáridos como la glucosa, disacáridos como la lactosa y polisacáridos como el almidón (Aula virtual, 2016).

### **2.20.5. Agentes gelificantes**

El medio de cultivo puede o no llevar agentes gelificantes, dependiendo del objetivo y de los requerimientos de los explantes. Se usan puentes de papel de filtro o de fibras de celulosa, o se colocan los medios en agitadores orbitales (shaker) o en recipientes con flujo y reflujo del medio de cultivo. El agar es un polisacárido extraído de algas marinas, debe disolverse en agua hirviendo y la gelificación se logra a pH 5.8 aproximadamente. Actualmente existen otros agentes gelificantes como el “phytagel” comercializado por Sigma y el “gerlite” de la firma Merck & Co. Todos están constituidos por polisacáridos del ácido glucurónico con ramnosa y glucosa y grupos O-acetil (Peláez, 2014).

### **2.21. Reguladores de crecimiento**

Estos reguladores de crecimiento actúan en la interrupción de la dominancia apical, división celular, desarrollo de yemas axilares y retardo de la senescencia de hojas. Son sintetizadas en los ápices radicales desde donde son transportadas a las yemas apicales y axilares. Estos compuestos generalmente activos a muy bajas concentraciones, son conocidos como sustancias de crecimiento, fitohormonas u hormonas vegetales (Suárez, 2020).

#### **2.21.1. Auxinas**

Son utilizadas muy ampliamente en técnicas in vitro y son agregados al medio nutritivo para estimular el crecimiento de callo, órganos, suspensión de células y para regular la morfogénesis (Perea, 2018).

#### **2.21.2. Giberelinas**

Las Giberelinas influyen en el crecimiento y desarrollo de diferentes maneras: promueven el crecimiento de entrenudos, estimulan y aceleran la floración, inducen la fructificación. También actúa inhibiendo el crecimiento normal de raíces (CANNA, 2020).

#### **2.21.3. Citoquininas**

Las citoquininas son hormonas vegetales naturales que derivan de adeninas y promueven la división celular en tejidos no meristemáticos. Son muy importantes

para la regulación de crecimiento y morfogénesis en cultivo de tejidos. Dentro de las citoquininas más utilizadas tenemos (CENTA, 2018):

- Bencil adenina (BA)
- Bencil aminopurina (BAP)
- Kinetina (KIN)

#### **2.21.4. Etileno**

Es un gas que es sintetizado a partir del aminoácido metionina y se produce en la mayoría de los tejidos vegetales. En plantas induce la senescencia y abscisión de hojas y flores, la formación de raíces adventicias y elimina la dormancia de semillas y yemas. Su presencia se torna inconveniente en condiciones *in vitro*, por lo que algunas veces la ventilación de los tejidos es necesario para evitar su acumulación (Suárez, 2020).

#### **2.21.5. Ácido abscísico**

Es otra sustancia inhibidora de crecimiento y por ende bloquea el efecto de las Giberelinas y Citoquininas, promueve el estado de dormancia, inhibe la síntesis del ácido ribonucleico (ARN) pero no la del ácido Desoxirribonucleico (ADN).

También promueve el cierre de las estomas, tiene efecto sinérgico con auxinas en el enraizamiento de esquejes. Es sintetizado en los cloroplastos (Perea, 2018).

### **2.22. Propagación *in vitro***

Se encuentran varias etapas en la multiplicación de explantes que va desde la desinfección del material vegetativo hasta el enraizamiento y posterior aclimatación de las plantas para salir al campo (Castillo, 2017):

#### **2.22.1. Etapa 0**

##### **Preparación de la planta madre**

Para poder establecer el cultivo en condiciones de asepsia, se deben obtener explantes con un nivel nutricional y un grado de desarrollo adecuado. Para obtener estos explantes es recomendable mantener a las plantas madre, es decir la planta donadora de yemas, durante un período de tiempo que puede oscilar entre unas

semanas o varios meses en un invernadero bajo condiciones controladas. En ese ambiente se cultiva la planta en condiciones sanitarias óptimas y con un control de la nutrición y riego adecuados para permitir un crecimiento vigoroso y libre de enfermedades.

### **2.22.2. Fase 1**

#### **Desinfección del material vegetal**

Se extraerán los fragmentos a partir de los cuales se obtendrán los explantes. Los explantes pueden ser yemas, trozos de hojas, porciones de raíces y semillas. Antes de extraer los explantes se hará una desinfección de los fragmentos de planta madre para eliminar los contaminantes externos. Los contaminantes más comunes son los hongos y las bacterias que habitan en forma natural en el ambiente.

Una vez desinfectado el material vegetal, se debe mantener en condiciones de asepsia. A efectos de obtener las condiciones de asepsia, se trabajará en cabinas de flujo laminar para extraer los explantes a partir del material vegetal.

Estos explantes se introducirán en un tubo de cultivo conteniendo medio de iniciación para poder controlar la sanidad y la viabilidad, luego de realizar la desinfección del material con hipoclorito de sodio (agua clorada comercial), pura o diluida durante un período de 5 a 15 minutos, seguido por 3 a 4 enjuagues en agua esterilizada.

### **2.22.3. Fase 2**

#### **Introducción del material in vitro**

Luego de la desinfección superficial, las semillas o las yemas dependiendo del material seleccionado, se ponen en medio de cultivo estéril. En un período de una semana o quince días, comienza el proceso de germinación o regeneración de nuevos tejidos vegetales, iniciando el ciclo de cultivo in vitro.



#### **2.22.4. Fase 3**

##### **Multiplicación de brotes**

Durante esta fase se espera que los explantes que sobrevivieron la fase 1 y 2 originen brotes (de procedencia axilar o adventicia) con varias hojas. En la base de cada hoja hay una yema que se desarrollará luego de ser puesta en contacto con el medio de cultivo. Periódicamente estos nuevos brotes se deben subcultivar en un nuevo medio mediante divisiones y resiembras en tubos de cultivo u otros recipientes adecuados. Estas operaciones se realizan en la cámara de flujo laminar o en un lugar aislado que nos permita mantener las condiciones de asepsia. De esta forma aumenta el número de plantas en cada repique o división de las plantas.

El número de plantas que se obtiene dependerá de la especie vegetal y de las condiciones del medio de cultivo. El número de plantas que se obtiene por la vía de la micropropagación permite alcanzar incrementos exponenciales, considerando que todos los factores que afectan el crecimiento hayan sido optimizados.

#### **2.22.5. Fase 4**

##### **Elección de un medio de enraizamiento de explantes**

Para enraizar los explantes se utilizan principalmente plantines individuales de un tamaño aproximado de 2 centímetros. Los brotes obtenidos durante la fase de multiplicación se transfieren a un medio libre de reguladores de crecimiento o que solo contenga hormonas del tipo auxinas. Algunas especies de plantas no necesitan pasar por esta etapa y emiten sus raíces en el mismo medio de cultivo donde desarrollan yemas nuevas, por lo tanto, el proceso de multiplicación y enraizamiento transcurren en forma simultánea.

#### **2.22.6. Fase 5**

##### **Aclimatación de explantes enraizados**

Los explantes recién enraizados son muy sensibles a los cambios ambientales, de manera que el éxito o el fracaso de todo el proceso depende de la aclimatación. En esta etapa las plantas sufrirán cambios de diferente tipo que permitirán la adaptación de las mismas a vivir en condiciones naturales.

En el momento en que se extraen los explantes o plantines enraizados de los frascos, están poco adaptados a crecer en un invernáculo, ya que estos explantes han enraizado y crecido en ambientes con una humedad relativa muy elevada y generalmente tienen estomas (estructuras responsables de regular la transpiración y pérdida de agua en la planta) que no son completamente funcionales frente a descensos de la humedad relativa, y por lo tanto demasiado lentos para evitar la desecación del explante.

Por otra parte, crecer en ambientes tan húmedos también suele implicar la falta de una cutícula con cera bien desarrollada, que representa la barrera física para evitar la pérdida de agua a lo largo de toda la superficie de la planta.

## **2.23. Requerimientos para un laboratorio**

### **2.23.1. Área de preparación**

Se utiliza principalmente para preparar los medios de cultivo, además de proveer también un espacio para almacenar los materiales de vidrio, plástico y los reactivos químicos. Cuenta con mesas de trabajo para la preparación de los medios y para colocar las balanzas, el medidor de pH, preparador automático de medios de cultivo y otros elementos; también incluye vitrinas, estanterías y espacio para el equipo de refrigeración (Roca, 2013).

### **2.23.2. Área de lavado y esterilización**

El área de lavado incluye un lavadero grande con agua caliente y fría, una fuente de agua de alto grado de pureza, así como basureros adecuados para el material vegetal, inorgánico y de vidrio que se desecha. El área de esterilización contiene un espacio para la autoclave (SAGARPA, 2017).

### **2.23.3. Área de transferencia**

En esta área del laboratorio se realiza el trabajo de disección, inoculación y transferencia de los explantes (tejido vegetal). Dado que este trabajo demanda el más alto nivel de limpieza ambiental, se cuenta con la instalación de campanas o cámaras de flujo horizontal con aire filtrado bajo presión (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, 2017).

#### **2.23.4. Área de incubación**

Los cultivos se incuban en un cuarto apropiado o en gabinetes o cámaras de crecimiento; éstas pueden ser más eficientes en cuanto al control ambiental, pero son más costosas. El área de incubación o crecimiento *in vitro* debe proporcionar un buen control de la temperatura (20–28°C), la iluminación (variable, según las necesidades: 1000 a 5000 lux) y la humedad relativa (70% - 80%) (Cuestas, 2018).

#### **2.23.5. Área de crecimiento**

Las plantas que se regeneran en el área de incubación se pueden acondicionar o aclimatar y luego trasplantar en macetas, bandejas o camas apropiadas. Estas operaciones se pueden llevar a cabo en tinglados, casas de malla o invernaderos, dependiendo las condiciones climáticas del lugar donde está ubicado el laboratorio y de los requerimientos de aislamiento de los materiales por razones fitosanitarias (Ledin, 2015).

#### **2.24. Contaminantes en cultivo *in vitro***

Las plantas en su condición de crecimiento natural tienen asociadas una fauna y flora microbiana con la cual interactúan sin verse afectado su desarrollo; por el contrario, algunos microbios dentro de los que se encuentran ciertas bacterias actúan como agentes endofíticos benéficos asociados al sistema vascular de la planta. Sin embargo, en condiciones de cultivo *in vitro*, estos microbios se convierten en contaminantes o agentes facilitadores de contaminación para los explantes (Suaréz, 2020).

## CAPÍTULO III

### 3. Marco metodológico

#### 3.1. Materiales

##### 3.1.1. Ubicación de la investigación

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente.

##### 3.1.2. Localización de la investigación

<b>País:</b>	Ecuador
<b>Provincia:</b>	Bolívar
<b>Cantón:</b>	Guaranda
<b>Parroquia:</b>	Gabriel Ignacio Veintimilla
<b>Sector:</b>	Laguacoto II.

##### 3.1.3. Situación geográfica y climática

<b>Altitud:</b>	2668 msnm.
<b>Latitud:</b>	1° 36' 55" S
<b>Longitud:</b>	78° 59' 53" O
<b>Temperatura media:</b>	13.5 °C
<b>Temperatura máxima:</b>	23 °C
<b>Temperatura mínima:</b>	2°C

Fuente: (PDOT BOLÍVAR, 2012)

#### 3.2. Zona de vida

La localidad en estudio de acuerdo a las zonas de vida corresponde al bosque seco montano bajo (bs – MB). (Holdrige, L 1974)

#### 3.3. Material experimental

- Explantes de dos variedades de tomate de árbol *Solanum betaceum L.*: amarillo y rojo morado.
- Tipos de citoquininas: Bencil adenina, Kinetina y Bencil aminopurina.

### 3.4. Material de laboratorio

- Cabina de flujo laminar horizontal
- Autoclave
- Balanza digital
- Agitador magnético
- Agua destilada y esterilizada
- Franelas
- Estante
- Mascarillas
- Gafas
- Bisturí
- Alcohol de 70 °
- Refrigerador doméstico
- Equipo de bioseguridad
- Microondas
- Frascos de cristal
- Papel absorbente
- Bandeja de plástico
- Gorro
- Guantes
- Pinzas
- Mechero de Alcohol 70 °
- Gel desinfectante

### 3.5. Material de oficina

- Disco extraíble
- Hojas de papel bond A4
- Computadora
- Impresora
- Flash memory
- Escritorio
- Carpetas
- Calculadora

### 3.6. Métodos

#### 3.6.1. Factores en estudio

Factor A: Variedades	Factor B: Tipos de citoquininas	Factor C: Dosis
<ul style="list-style-type: none"><li>• a1: Tomate amarillo</li><li>• a2: Tomate rojo morado</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• b1: Bencil adenina</li><li>• b2: Kinetina</li><li>• b3: Bencil aminopurina</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• c1: 1 mg/lt</li><li>• c2: 3 mg/lt</li><li>• c3: 5 mg/lt</li><li>• c4: 7 mg/lt</li></ul>

### 3.6.2. Tratamientos

Para la presente investigación, se utilizó las siguientes combinaciones de los factores AxBxCx3rep; 24 tratamientos según el detalle:

Tratamientos	Código	Detalle
T1	a1b1c1	Tomate amarillo + Bencil adenina + 1 mg/lt
T2	a1b1c2	Tomate amarillo + Bencil adenina + 3 mg/lt
T3	a1b1c3	Tomate amarillo + Bencil adenina + 5 mg/lt
T4	a1b1c4	Tomate amarillo + Bencil adenina + 7 mg/lt
T5	a1b2c1	Tomate amarillo + Kinetina + 1 mg/lt
T6	a1b2c2	Tomate amarillo + Kinetina + 3 mg/lt
T7	a1b2c3	Tomate amarillo + Kinetina + 5 mg/lt
T8	a1b2c4	Tomate amarillo + Kinetina + 7 mg/lt
T9	a1b3c1	Tomate amarillo + Bencil aminopurina + 1 mg/lt
T10	a1b3c2	Tomate amarillo + Bencil aminopurina + 3 mg/lt
T11	a1b3c3	Tomate amarillo + Bencil aminopurina + 5 mg/lt
T12	a1b3c4	Tomate amarillo + Bencil aminopurina + 7 mg/lt
T13	a2b1c1	Tomate rojo morado + Bencil adenina + 1 mg/lt
T14	a2b1c2	Tomate rojo morado + Bencil adenina + 3 mg/lt
T15	a2b1c3	Tomate rojo morado + Bencil adenina + 5 mg/lt
T16	a2b1c4	Tomate rojo morado + Bencil adenina + 7 mg/lt
T17	a2b2c1	Tomate rojo morado + Kinetina + 1 mg/lt
T18	a2b2c2	Tomate rojo morado + Kinetina + 3 mg/lt
T19	a2b2c3	Tomate rojo morado + Kinetina + 5 mg/lt
T20	a2b2c4	Tomate rojo morado + Kinetina + 7 mg/lt
T21	a2b3c1	Tomate rojo morado + Bencil aminopurina + 1 mg/lt
T22	a2b3c2	Tomate rojo morado + Bencil aminopurina + 3 mg/lt
T23	a2b3c3	Tomate rojo morado + Bencil aminopurina + 5 mg/lt
T24	a2b3c4	Tomate rojo morado + Bencil aminopurina + 7 mg/lt

### 3.6.3. Tipo de diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial 2x3x4x3 Rep.

### 3.6.4. Procedimiento

Número de localidades:	1
Número de tratamientos:	24
Número de repeticiones:	3
Número de unidades experimentales:	72
Número de explantes:	72
Número de plantas por tratamiento:	1

### 3.7. Tipo de análisis

Análisis de Varianza (ADEVA) según el siguiente detalle:

Fuentes de variación	Grados de libertad	CME*
Factor A: Variedades (a-1)	1	$\int^2 e + 36 \theta^2$ FA
Factor B: Tipos de Citoquininas (b-1)	2	$\int^2 e + 24 \theta^2$ FB
Factor C: Dosis de Citoquininas (c-1)	3	$\int^2 e + 18 \theta^2$ FC
FA x FB: (a-1) (b-1)	2	$\int^2 e + 12 \theta^2$ FA x FB
FA x FC: (a-1) (c-1)	3	$\int^2 e + 9 \theta^2$ FA x FC
FB x FC: (b-1) (c-1)	6	$\int^2 e + 6 \theta^2$ FB x FC
FA x FB x FC: (a-1) (b-1) (c-1)	6	$\int^2 e + 3 \theta^2$ FA x FB x FC
Error Experimental t (r-1)	48	$\int^2 e$
Total (t x r) - 1	71	

**Cuadrados medios esperados modelo fijo tratamientos seleccionados por los investigadores.**

Análisis estadístico funcional

- Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A, B, C, AxB, AxC, BxC y AxBxC.

- Prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en las variables que sean significativas (Fisher protegido).
- Análisis de Correlación y Regresión lineal

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

#### **3.8.1. Días a la brotación en el laboratorio (DBL)**

Los días a la brotación se tomaron del área de incubación por observación directa a los 15, 30 y 45 días en sus respectivos medios de proliferación, se consideró un brote al obtener dos hojas desarrolladas.

#### **3.8.2. Número de brotes por explante (NBE)**

El número de brotes por explante se tomó del área de incubación por observación directa a los 15, 30 y 45 días de sus respectivos medios de proliferación, se consideró un brote al haber presentado dos hojas desarrolladas.

#### **3.8.3. Número de hojas por brote (NHB)**

La variable número de hojas por brote se tomó del área de incubación por observación directa en el tubo de cristal a los 15, 30 y 45 días de sus respectivos medios de proliferación, se consideró hojas desarrolladas todas menos la primera y la última, la cual estuvo en desarrollo.

#### **3.8.4. Altura de brotes (AB)**

La altura de brotes se registró del área de incubación con la ayuda de una regla por la parte exterior del tubo de cristal desde la parte de la corona de la base del brote hasta su ápice a los 15, 30 y 45 días en sus respectivos medios de proliferación.

#### **3.8.5. Porcentaje de tubos contaminados (PTC)**

El número de tubos contaminados se expresó en porcentaje, se evaluó por observación directa la presencia de agentes patógenos causados por hongos durante los 45 días que es el tiempo que transcurrió desde la siembra de los brotes. Se consideró que un tubo de cristal estuvo contaminado cuando en el medio de cultivo



se observó la presencia de esporas blanquecinas o grises, las cuales se diseminaron formando una estructura algodonosa.

### **3.8.6. Taza de velocidad de multiplicación (TVM)**

Se expresó la relación entre el número de brotes obtenidos al final del ciclo de multiplicación sobre el tiempo de duración del ciclo. Este parámetro se analizó con la siguiente fórmula:

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

## **3.9. Manejo del experimento**

### **3.9.1. Selección de las plantas**

Se obtuvo las plantas de tomate de árbol provenientes de la parroquia Nayón del cantón Quito, provincia de Pichincha y de la parroquia Los Andes del cantón Patate, Provincia de Tungurahua, las cuales entraron en un proceso de ambientación en el invernadero de biotecnología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente de la “UEB”, con la finalidad de eliminar enfermedades en este caso no aplicamos Carbendazim de 2.5 gr/l.

### **3.9.2. Obtención de brotes**

Una vez que se observó la presencia de brotes en las plantas, se extrajo las partes terminales de cada vareta, los mismos que fueron recolectados de una longitud aproximadamente de 5 a 10 cm.

### **3.9.3. Preparación del medio de cultivo**

En un vaso de precipitación de 1000ml se colocó 450ml de agua destilada donde se añadió el stock #1 (50ml), stock #2 (5ml), stock #3(5ml), vitaminas (5ml) en un volumen de 500ml se añadió agua destilada para completar el volumen solicitado.

Se procedió a pesar 15g de sacarosa la cual se introdujo en la solución por 20 minutos. Con ayuda de una probeta de 500 ml se procedió a medir los 125ml de la solución anterior para cada dosis y colocamos en 4 vasos de precipitación de 200ml.

En cada uno de los vasos se procedió agregar los diferentes reguladores de crecimiento para cada una de las dosis en 1mg/l, 3mg/l, 5mg/l y 7mg/l luego se controló el pH de cada uno entre 5.6 a 5.7 con ayuda del pH metro, una vez controlado el pH en los 4 vasos, se pesó 1.12g de agar. En el vaso de precipitación junto con esta solución, se colocó un imán y se lo llevo al agitador con una temperatura máxima de 550 °C donde se introdujo el agar ya pesado para cada vaso.

Por último, se añadió un color para cada dosis como se describe en el cuadro:

<b>Tipo de citoquininas</b>	<b>Dosis</b>	<b>Color</b>
Bencil adenina	1 ml/l	Azul
	3 ml/l	Morado
	5 ml/l	Verde
	7 ml/l	Amarillo
Kinetina	1 ml/l	Naranja
	3 ml/l	Rojo
	5 ml/l	Violeta
	7 ml/l	Azul
Bencil aminopurina	1 ml/l	Morado
	3 ml/l	Naranja
	5 ml/l	Azul
	7 ml/l	Verde

#### **3.9.4. Esterilización del medio de cultivo**

Se procedió a la distribución del medio de cultivo a los tubos de ensayo, 20cc aproximadamente en cada uno; los cuales pasaron por un proceso de esterilización en la autoclave a 121°C durante 20 minutos. Seguidamente se sacaron los tubos de ensayo de la autoclave en una bandeja metálica y se dejó enfriar durante 24h en el área de transferencia.

#### **3.9.5. Desinfección del material en el laboratorio**

Se realizó el corte de las hojas de cada una de las varetas y se procedió a lavar para eliminar la suciedad del entorno exterior. El lavado de explantes se realizó en 1000

ml de agua destilada con detergente al 1% (10cc) por 20 minutos, se realizó 3 enjuagues consecutivos para eliminar los residuos del detergente.

Después se pasó los explantes a una solución donde aplicamos “Povidyn” con una dosis de 13cc en 1000 ml por 15 minutos luego se procedió a poner un fungicida “NATURAM” con una dosis de 2cc en 1000 ml de agua destilada para controlar enfermedades que pudieran estar presentes, se llevó al agitador para realizar la respectiva mezcla y se introdujo el material vegetativo por 3 minutos. Mientras transcurrían los 3 minutos, se procedió a preparar la solución de ácido cítrico al 0.10% (5g) en 1000 ml por 3 minutos donde se añadió de igual forma el material vegetal. Por último, se preparó la solución de hipoclorito de sodio al 60% donde aforamos 600ml y 400ml de agua destilada para proceder agregar 10 gotas de Tween.

Posteriormente en la cámara de flujo laminar respectivamente desinfectada se llevó la solución con los brotes y la solución de hipoclorito de sodio; luego de llevar todos los materiales necesarios a la cámara de flujo laminar se procedió a lavar los brotes para que no queden residuos de la solución anterior, después se colocó los brotes en la solución de hipoclorito de sodio con movimientos suaves por 5 minutos, finalmente se realizó 3 enjuagues consecutivos con un tiempo de 3 minutos cada uno utilizando agua esterilizada, luego de este proceso de desinfección se procedió a colocar el material en cajas Petri y se realizó cortes de 1 a 2 cm dependiendo del número de yemas además con la ayuda de un bisturí y pinzas se eliminó las partes oxidadas del material vegetal, luego de esto cuyos explantes fueron colocados en el medio de cultivo previamente preparado.

#### **3.9.6. Introducción al medio de cultivo**

Se colocó el material vegetal en un medio de proliferación para su desarrollo, trasladándolos a un lugar aséptico e iluminado con luz artificial “área de incubación” con una temperatura de 24° C para estimular sus procesos metabólicos normales.

## CAPÍTULO IV

### 4. Resultados y discusión

#### 4.1. Variables agronómicas para el Factor A (variedades)

**Cuadro N° 1.** Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% en el Factor A (variedades) en las variables: Días a la brotación en el laboratorio (DBL), Número de brotes por explante (NBE), Número de hojas por brote (NHB), Altura de brotes (AB), Porcentaje de tubos contaminados (PTC), Taza de velocidad de multiplicación (TVM).

Factor A						
Variabes	a1	Rango	a2	Rango	$\bar{X}$	Redondeo
<b>DBL 45 dd (NS)</b>	7	A	8	A	7.74	8
<b>NBE 15 dd (*)</b>	0	B	1	A	0.58	1
<b>NBE 30 dd (*)</b>	2	B	3	A	2.19	2
<b>NBE 45 dd (NS)</b>	4	A	5	A	4.15	4
<b>NHB 15 dd (NS)</b>	1	A	2	A	1.22	1
<b>NHB 30 dd (NS)</b>	3	A	4	A	3.22	3
<b>NHB 45 dd (NS)</b>	5	A	7	A	5.79	6
<b>AB 15 dd (*)</b>	0.37	B	0.69	A	0.53	0.53
<b>AB 30 dd (NS)</b>	0.98	A	1.31	A	1.14	1.14
<b>AB 45 dd (NS)</b>	1.61	A	1.87	A	1.74	1.74
<b>PTC (*)</b>	0.36	A	0.17	B	0.26	0.26
<b>TVM (NS)</b>	0.08	A	0.10	A	0.09	0.09

Fuente Investigativo de laboratorio 2023

NS = No significativo

\* = Significativo al 5 %.

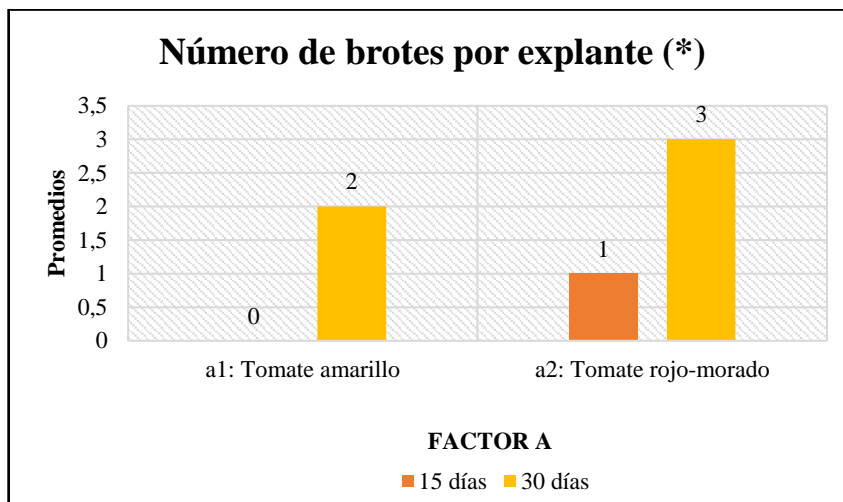
Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5 %

#### Factor A (variedades)

La respuesta de las variedades, en relación a las variables: NBE (15 y 30 dd), AB (15 dd) y PTC (45 dd) fueron muy diferentes, esto por la variedad utilizada, protocolo de desinfección y medio de cultivo; sin embargo, en las variables DBL (45 dd), NBE (45 dd), NHB (15, 30 y 45 dd), AB (30 y 45 dd) y TVM (45 dd) estadísticamente fueron similares (Cuadro N°1).

#### 4.1.1. Número de brotes por explante (NBE)



**Gráfico N° 1.** Promedios de la variable número de brotes por explante a los 15 y 30 días en dos variedades de tomate de árbol.

#### **Análisis e interpretación**

De acuerdo a las dos variedades de tomate de árbol, en relación a la variable, número de brotes por explantes evaluados durante el tiempo; 15 y 30 días, fue significativo, en otras palabras, se obtuvo diferencias estadísticas, mientras que a los 45 días no existió significancia alguna (Cuadro N°1).

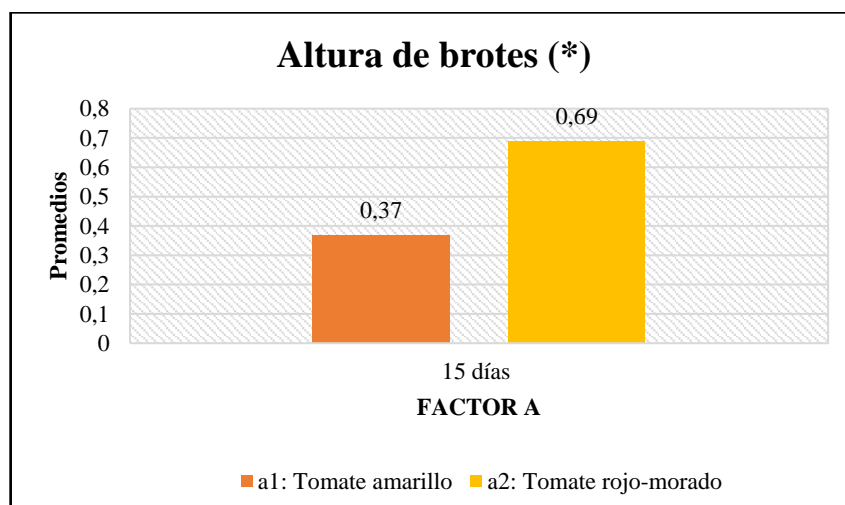
En cuanto al factor A, se adquirió una media general en las dos variedades de tomate de árbol; entre sus valores están; 0,58 (1 brote) a los 15 días, y 2,19 (2 brotes) a los 30 días, desde la introducción del explante al medio de cultivo en el laboratorio. Se puede inferir que la variedad: a1 (tomate amarillo) tiene un menor número de brotes a los 15 días, la cual fue de 0 a 2 brotes por explante, mientras que en la variedad: a2 (tomate rojo-morado) existió un mayor número de brotes en los 30 días transcurrido, el cual fue de 1 a 3 brotes por explante (Cuadro N°1 y Gráfico N°1).

De acuerdo a la variable número de brotes en la variedad tomate rojo-morado fue la mejor, esto es debido a la variedad, calidad de la planta madre, parte del brote apical y la temperatura, ya que el medio de cultivo fue preparado por igual para las dos variedades en la relación genotipo - ambiente.

El explante vegetativo sirve como un buen material de partida para el cultivo in vitro de plantas; sin embargo las fuertes cargas de contaminación microbiana como son: las bacterias y las esporas de hongos que albergan, especialmente en las yemas axilares, hacen problemático el establecimiento de cultivos in vitro; este problema de contaminación microbiana generalmente se supera mediante la desinfección efectiva de los explantes en la superficie con ayuda de la limpieza profunda añadiendo jabón líquido, enjuagues con agua destilada y esterilizada, para ser más eficiente la desinfección, se incorpora hipoclorito de sodio (Lazo, 2016).

Los promedios reportados dentro de esta investigación fueron superiores a los que se registraron por Pazmiño (2017), con una media general de 2 brotes/explante en el laboratorio de biotecnología de la Universidad, esto es que las yemas axilares son de fácil disponibilidad y que necesitan estímulos para desencadenar el rompimiento de dormancia.

#### 4.1.2. Altura de brotes (AB)



**Gráfico N° 2.** Promedios de la variable altura de brotes a los 15 días en dos variedades de tomate de árbol.

#### Análisis e interpretación

La respuesta de las dos variedades de tomate de árbol en cuanto a la variable altura de brotes registrada a los 15 días, se determinó que hubo diferencia estadística significativa (\*) al 5% y una media general de 0,53 cm (Cuadro N°1).

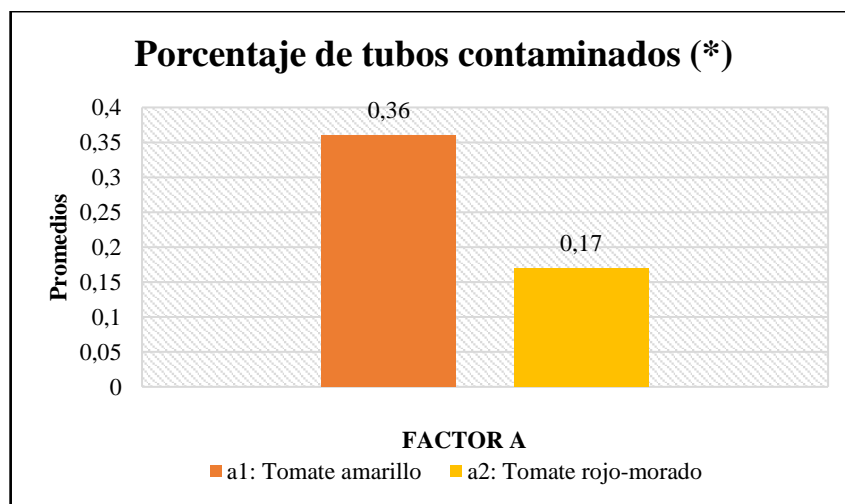
No obstante, el mayor promedio del factor A, se presentó en la variedad a2: (tomate rojo-morado) con 0,69 cm de altura, a diferencia de a1: (tomate amarillo) que tiene 0,37 cm siendo este el de menor promedio de altura (Cuadro N°1 y Gráfico N°2).

La variable altura de brotes, se encontró relacionada a características varietales específicas de cada variedad influyendo también en ellas las condiciones de asepsia y el manejo adecuado dentro del medio de cultivo.

La altura es considerada una de las características morfológicas más importantes de los cultivos in vitro, ya que el crecimiento o elongación del tallo, se refleja en el efecto del fotoperíodo metabólico, lo que conduce a una mayor biosíntesis de hormonas y por ende a la aceleración de la elongación del tallo (Nuñez, 2021).

En su investigación desarrollada en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad, presento una media general de 1,55 cm en la altura de brote siendo este resultado superior a los de esta investigación, lo que demuestra que la inducción entre los factores tiene estrecha relación en la formación y desarrollo de los procesos de división celular de brotes (Pazmiño, 2017).

#### 4.1.3. Porcentaje de tubos contaminados (PTC)



**Gráfico N° 3.** Promedios de la variable porcentaje de tubos contaminados en dos variedades de tomate de árbol.

## **Análisis e interpretación**

En cuanto a la variable del factor A (variedades), podemos señalar que los porcentajes de tubos contaminados en las dos variedades de tomate de árbol, existe significancia absoluta en todo el tiempo determinado de la investigación, donde se tiene una media general del 0,26% (Cuadro N° 1).

Una vez culminado el proceso de trabajo de campo en el período de tiempo establecido de los 45 días que duro nuestra investigación en el laboratorio y datos evaluados en la variable ya antes mencionada, se puede indicar que el mayor porcentaje de tubos contaminado lo obtuvo a1: tomate amarillo con un 0,36%, mientras que el a2: tomate rojo – morado solo presento el 0,17% de contaminación (Cuadro N°1 y Gráfico N°3).

Podemos decir que en la variedad amarilla hubo mayor contaminación, esto se debe a una fuente endógena como es el hongo *Colletotrichum Sp.*, ya que el crecimiento de las colonias observadas provenía del explante, es decir de la planta madre de donde fueron tomados o a su vez también a la temperatura que se desarrolla, medio de cultivo, mayor sensibilidad a bacterias y hongos dentro de los tubos, donde empezaron su proceso de propagación.

La desinfección del material vegetal es uno de los pasos más importantes en el protocolo de cultivo de tejidos. Este proceso intenta eliminar los contaminantes microbianos de la superficie y el interior del material vegetal, lo que permite que el explante sobreviva in vitro. Este proceso debe ser eficiente para eliminar los contaminantes y causar un daño mínimo a las células vegetales. Este procedimiento depende de varios factores; limpieza, temperatura, luz, medio de cultivo incluyendo la fuente del explante, la edad de la planta madre y el genotipo (Lazo, 2016).

Los promedios reportados dentro de esta investigación fueron inferiores a los que se registraron por Pazmiño (2017); con una media general del 1% de contaminación, esto refleja un efecto positivo dentro del laboratorio de biotecnología, teniendo en cuenta que el porcentaje de contaminación es de 30-40%. Por lo cual se puede inferir que el trabajo realizado en el laboratorio fue empleado con protocolos de asepsia necesarios para evitar contaminaciones.



#### 4.2. Variables agronómicas para el Factor B (tipos de citoquininas)

**Cuadro N° 2.** Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% en el Factor B (tipos de citoquininas) en las variables: Días a la brotación en el laboratorio (DBL), Número de brotes por explante (NBE), Número de hojas por brote (NHB), Altura de brotes (AB), Porcentaje de frascos contaminados (PTC), Taza de velocidad de multiplicación (TVM).

Factor B								
Variables	b1	Rango	b2	Rango	b3	Rango	$\bar{X}$	Redondeo
<b>DBL 45 dd (NS)</b>	8	A	7	A	9	A	7.74	8
<b>NBE 15 dd (NS)</b>	1	A	1	A	0	A	0.58	1
<b>NBE 30 dd (NS)</b>	3	A	2	A	2	A	2.19	2
<b>NBE 45 dd (NS)</b>	5	A	4	A	4	A	4.15	4
<b>NHB 15 dd (*)</b>	2	A	1	AB	1	A	1.22	1
<b>NHB 30 dd (NS)</b>	4	A	3	A	3	A	2.22	2
<b>NHB 45 dd (NS)</b>	7	A	5	A	5	A	5.79	6
<b>AB 15 dd (*)</b>	0.78	A	0.48	AB	0.33	B	0.53	0.53
<b>AB 30 dd (NS)</b>	1.41	A	0.98	A	1.04	A	1.14	1.14
<b>AB 45 dd (NS)</b>	2.14	A	1.43	A	1.66	A	1.74	1.74
<b>PTC (NS)</b>	0.21	A	0.33	A	0.25	A	0.26	0.26
<b>TVM (NS)</b>	0.11	A	0.09	A	0.08	A	0.09	0.09

Fuente Investigativo de laboratorio 2023

NS = No significativo

\* = Significativo al 5 %.

Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas

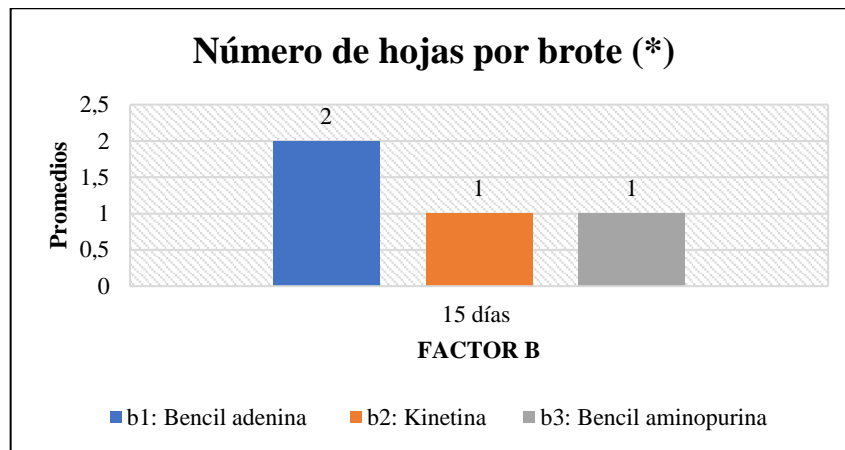
Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5 %

#### Factor B (Tipos de citoquininas)

La respuesta de los tipos de citoquininas, en relación a las variables: NHB (15 dd) y AB (15 dd) fueron muy diferentes; sin embargo, en las variables DBL (45 dd),

NBE (15, 30 y 45 dd), NHB (30 y 45 dd), AB (30 y 45 dd), PTC Y TVM estadísticamente fueron similares (Cuadro N°2).

#### 4.2.1. Número de hojas por brote (NHB)



**Gráfico N° 4.** Promedios de la variable número de hojas por brote en tres tipos de citoquininas.

#### Análisis e interpretación

De acuerdo al análisis realizado en el factor B, los tipos de citoquininas, en cuanto a la variable número de hojas por brote, se demostró que a los 15 días en los datos evaluados se reflejó diferencias significativas en las dos variedades. Podemos decir que en la variable número de hojas por brote, en consecuencia, con los tipos de citoquininas, se tiene una media general de 1.22 (1 hoja) a los 15 días desde de su introducción, donde b1 (Bencil adenina) tuvo un mayor número de hojas por brote (2 hojas) en dicho tiempo transcurrido, mientras que en b2 (Kinetina) y b3 (Bencil aminopurina) existió una similitud contando con 1 hoja (Cuadro N°2 y Gráfico N°4).

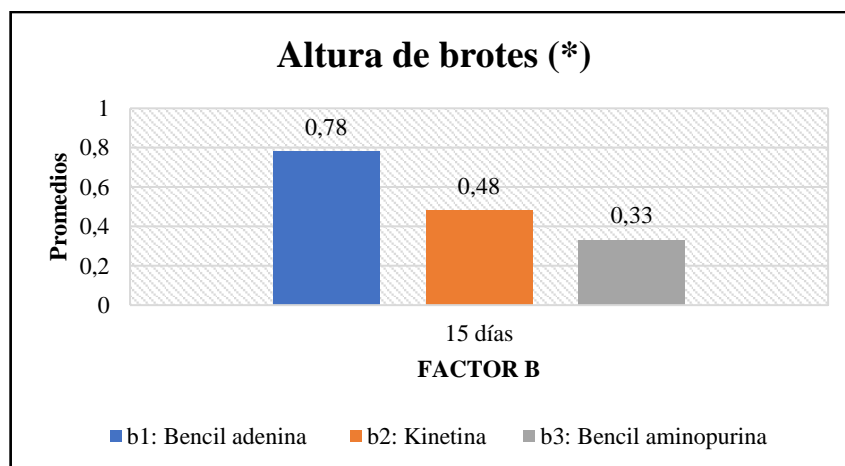
Esta variable dependió del desarrollo y condiciones favorables en las que se establecieron los reguladores de crecimiento (Bencil adenina, Kinetina, Bencil aminopurina) con sus altos contenidos de macronutrientes (Nitrato de potasio, Nitrato de amonio, Cloruro de calcio, Sulfato de magnesio, Fosfato de potasio) y micronutrientes (Sulfato de manganeso, Sulfato de zinc, Ácido bórico, Yoduro de potasio, Molibdato de sodio) favoreciendo el aumento de hojas en cada uno de los

brotos. Inferimos que la citoquinina con mayor número de hojas por brotes, es la Bencil adenina, el cual tuvo una adaptación mejor con la variedad y otros factores influyeron a un destacado desarrollo y multiplicación de sus hojas. Por lo tanto, las fitohormonas restantes como son; la Kinetina y Bencil aminopurina no tuvieron tanta influencia en las variedades de tomate de árbol para su desarrollo en cuanto a la variable (NHB), no existió tanta compatibilidad.

Las plantas universalmente poseen un profundo nivel de flexibilidad del desarrollo y muestran varios tipos de regeneración de tejidos u órganos. Este potencial regenerativo puede ser optimizado mediante reguladores de crecimiento in vitro suministrados de manera exógena, en donde el equilibrio de la citoquinina determina el destino del desarrollo de los órganos en regeneración (Aguilar, 2016).

El número de hojas expuesta en esta investigación a los 15 días es menor a los reportados por Pazmiño (2017) donde registro un promedio (3 hojas) por brote con Bencil adenina, esto dependió del tipo de fitorregulador y de la dosis aplicada, por lo que la respuesta in vitro es altamente influenciada por el genotipo, tipo de explante, concentración y tipo de citoquinina.

#### 4.2.2. Altura de brotes (AB)



**Gráfico N° 5.** Promedios de la variable altura de brotes en tres tipos de citoquininas.

## **Análisis e interpretación**

Una vez realizado el análisis correspondiente en cuanto a la variable altura de brotes del factor B, podemos decir que existió diferencia significativa a los 15 primeros días de haber evaluado los datos correspondientes en cada una de las variedades expuesta en el proyecto de investigación, mientras que en los otros datos obtenidos de los 30 y 45 días se encontró similitudes en la variable ya antes mencionada (Cuadro N°2 y Gráfico N°5).

En la variable altura de brotes podemos deducir que la mejor fue b1 (Bencil adenina) en cuanto al desarrollo con un promedio de 0,78 cm mientras que la segunda corresponde a b2 (Kinetina) con 0,48 cm y por último tenemos b3 (Bencil aminopurina) con 0,33 cm dejando establecido una media general de 0,53 cm cabe recalcar que todos estos datos fueron arrojados en el transcurso de los 15 días desde su introducción en el medio de cultivo (Cuadro N°2 y Gráfico N°5).

Sin embargo podemos decir que a través de la citoquinina (Bencil adenina), la altura de los brotes en el tiempo de los 15 días fue la mejor, ya que se integró de una excelente manera con las variedades de tomate de árbol, medio de cultivo, temperatura, explantes y lugar de incubación, también se puede decir que los macro y micronutrientes que contiene este fitoregulator es el adecuado en todos los aspectos del desarrollo de la altura de brotes, mientras que, la Kinetina y la Bencil aminopurina no estuvieron en todo su esplendor para un óptimo desarrollo en la altura de brotes, esto es debido a que sus componentes (Nutrientes, carbohidratos, vitaminas) que se adquirió no son tan aceptable en las variedades.

Para el aumento de brotes se colocan yemas axilares y ápices de aproximadamente un centímetro, en frascos de vidrio con el medio de cultivo y con las respectivas hormonas de crecimiento. Además, para que en esta etapa se mantengan y aumenten los números de brotes y su altura, debe tomarse en cuenta la importancia de los medios de cultivo, hormonas vegetales y las condiciones favorables para el crecimiento esto dependerá del tipo de explante, la formación de brotes iniciados a partir de yemas apicales y axilares (Aguilar, 2016).

En cuanto a la altura de brote, según Ramos & Rea (2022) mencionan que el mejor resultado se presentó con un promedio de 0,9 cm en la fitohormona Bencil adenina mientras que en los demás fitorreguladores existió una menor altura, se expresa que esto fue por motivo de la planta madre o el tipo de explante tomado para la propagación así como la citoquinina utilizada, en comparación con nuestra investigación en la variable altura de brote a los 15 días con el mismo fitorregulador fue menor su altura con 0,78 cm.

#### 4.3. Variables agronómicas para el Factor C (dosis)

**Cuadro N° 3.** Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% en el Factor C (dosis) en las variables: Días a la brotación en el laboratorio (DBL), Número de brotes por explante (NBE), Número de hojas por brote (NHB), Altura de brotes (AB), Porcentaje de frascos contaminados (PTC), Taza de velocidad de multiplicación (TVM).

Factor C									
Variables	c1	Rango	c2	Rango	c3	Rango	c4	Rango	$\bar{X}$
DBL 45 dd (NS)	6	A	9	A	9	A	8	A	7.73
NBE 15 dd (NS)	0	A	1	A	1	A	1	A	0.58
NBE 30 dd (*)	1	B	2	AB	3	A	2	AB	2.19
NBE 45 dd (*)	3	B	4	AB	6	A	4	AB	4.15
NHB 15 dd (NS)	1	A	1	A	2	A	1	A	1.22
NHB 30 dd (*)	2	B	3	AB	4	A	3	AB	3.22
NHB 45 dd (*)	4	B	6	AB	8	A	6	AB	5.79
AB 15 dd (NS)	0.33	A	0.53	A	0.67	A	0.60	A	0.53
AB 30 dd (NS)	0.79	A	1.23	A	1.37	A	1.18	A	1.14
AB 45 dd (NS)	1.12	A	1.86	A	2.16	A	1.84	A	1.74
PTC (NS)	0.44	A	0.22	A	0.17	A	0.22	A	0.26
TVM (NS)	0.06	A	0.10	A	0.12	A	0.09	A	0.09

Fuente Investigativo de laboratorio 2023

NS = No significativo

\* = Significativo al 5 %.

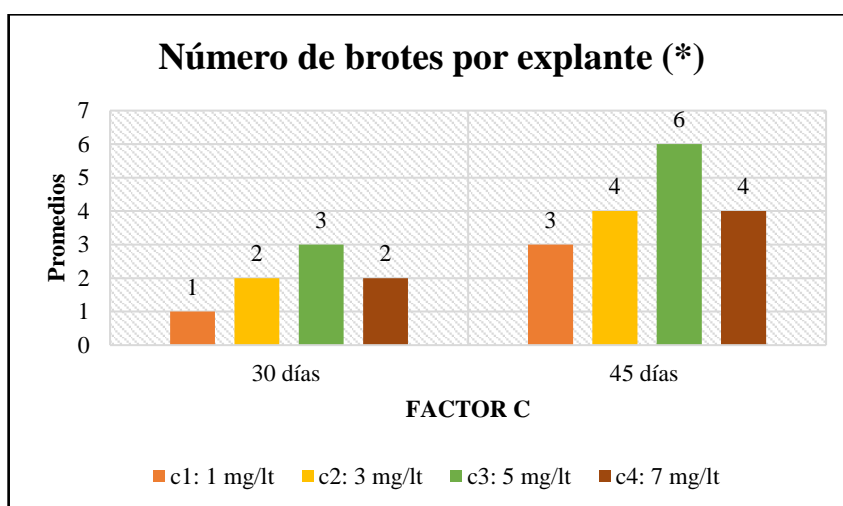
Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5 %

### Factor C (Dosis)

La respuesta de las dosis, en relación a las variables: NBE (30 y 45 dd) y NHB (30 y 45 dd) fueron muy diferentes; sin embargo, en las variables DBL (45 dd), NBE (15 dd), NHB (15 dd), AB (15, 30 y 45 dd), PTC y TVM estadísticamente fueron similares (Cuadro N° 3).

#### 4.3.1. Número de brotes por explante (NBE)



**Gráfico N° 6.** Promedios de la variable número de brotes por explante a los 30 y 45 días en cuatro dosis.

#### Análisis e interpretación

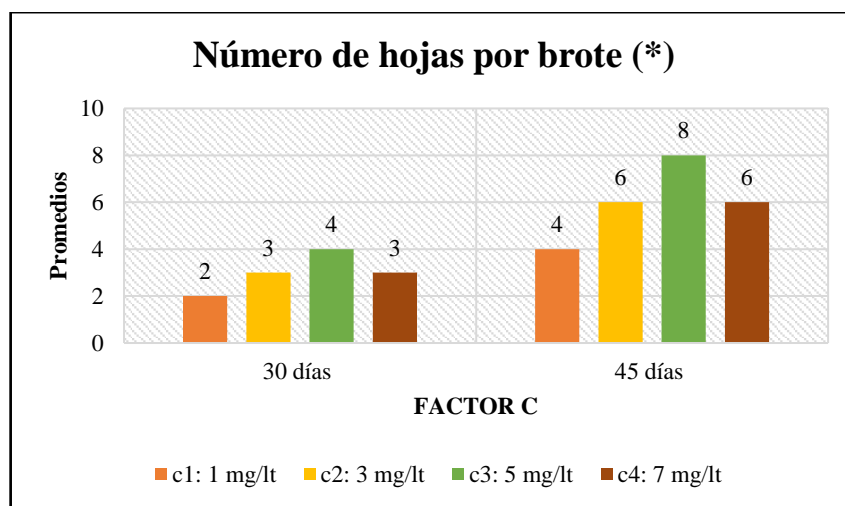
Con la prueba de Tukey al 5%, se pudo observar que en la variable número de brotes por explante, se determinaron diferencias estadísticas significativas (\*) a los 30 días, obteniendo una media general de 2 brotes y a los 45 días de 4 brotes. Para el factor C, en cuanto a la variable (NBE), se estableció que a los 30 días sobresale el c3 (5 mg/lt) con un promedio de 3 brotes y a los 45 días de 6 brotes; siendo el c1 (1 mg/lt) el promedio menor a los 30 días de 1 brote y a los 45 días de 3 (Cuadro N°3 y Gráfico N°6).

La dosificación de fitohormonas dentro de esta variable, dieron paso a la formación de brotes en cada uno de los tratamientos, dependió del tiempo transcurrido, el tipo de citoquinina y de la concentración requerida para el aumento de brotes; además las buenas condiciones asépticas ayudaron al crecimiento de explantes.

Una concentración suficiente de citoquininas en el medio de cultivo, donde estas se encargan de la proliferación y elongación de brotes, estimulando su desarrollo y la expansión del meristemo apical (división celular y aumento de la clorofila), mientras mayor sea su dosificación (Nuñez, 2021).

Pazmiño (2017), en su investigación desarrollada presento promedios iguales a los obtenidos en el presente trabajo de investigación, dando una media general de 2 brotes/explante a los 30 días en dosis de 3 mg/lt, infiriendo que estos resultados están ligados de forma directa con las variedades, tipo de citoquinina, dosis y características varietales de los explantes.

#### 4.3.2. Número de hojas por brote (NHB)



**Gráfico N° 7.** Promedios de la variable número de hojas por brote a los 30 y 45 días en cuatro dosis.

#### Análisis e interpretación

Para el número de hojas por brote a los 30 y 45 días, fue significativa (\*), adquiriendo una media general de 3 hojas a los 30 días y 6 hojas a los 45 días. La respuesta agronómica de esta variable en relación al factor C, se logró obtener los promedios superiores en el c3 (5 mg/lt) a los 30 días de 4 hojas y a los 45 días de 8 hojas a relación del c1 (1 mg/lt) dando los promedios inferiores a los 30 días de 2 hojas y a los 45 días de 4 hojas (Cuadro N°3 y Gráfico N°7).

Se pudo inferir que en la variable número de hojas por brote dependió del período transcurrido y su alta dosificación, los cuales influyeron para su desarrollo en los tubos de cristal en estudio. Las condiciones asépticas en los cultivos in vitro son importantes ya que dieron como resultado un mayor número de brotes y por ende mayor número de hojas.

En cuanto a la variable (NHB), los resultados obtenidos dentro de esta investigación son iguales a los promedios reportados por Pazmiño (2017), contando con una media general de 3 hojas/brote a los 30 días en dosis de 3 mg/lit, debido a la viabilidad y sanidad vegetal de los explantes además el aumento de dosificación y período de tiempo incrementa el número de hojas por brote.

#### 4.4. Interacción de los factores AxB

**Cuadro N° 4.** Resultados promedios de la Prueba de Tukey al 5% en la interacción de los factores AxB: variedades de tomate de árbol (amarillo y rojo-morado) por tipos de citoquininas (Bencil adenina, Kinetina y Bencil aminopurina).

NBE 30 dd (*)			NHB 30 dd (*)			AB 30 dd (*)		
AxB	Prom.	Rango	AxB	Prom.	Rango	AxB	Prom.	Rango
Tomate rojo morado + Bencil adenina	3	A	Tomate rojo morado + Bencil adenina	4	A	Tomate rojo morado + Bencil adenina	1.61	A
Tomate rojo morado + Kinetina	3	AB	Tomate amarillo + Bencil adenina	4	AB	Tomate rojo morado + Kinetina	1.29	AB
Tomate amarillo + Bencil adenina	2	AB	Tomate rojo morado + Kinetina	4	AB	Tomate amarillo + Bencil adenina	1.22	AB
Tomate rojo morado + Bencil aminopurina	2	AB	Tomate rojo morado + Bencil aminopurina	3	AB	Tomate amarillo + Bencil aminopurina	1.05	AB
Tomate amarillo + Bencil aminopurina	2	B	Tomate amarillo + Bencil aminopurina	3	AB	Tomate rojo morado + Bencil aminopurina	1.02	AB



Tomate amarillo + Kinetina	1	B	Tomate amarillo + Kinetina	2	B	Tomate amarillo + Kinetina	0.67	B
$\bar{X}$ : 2.19 CV: 59.71 %			$\bar{X}$ : 3.22 CV: 58.62 %			$\bar{X}$ : 0.53 CV: 91.42 %		

Fuente Investigativo de laboratorio 2023

NS = No significativo

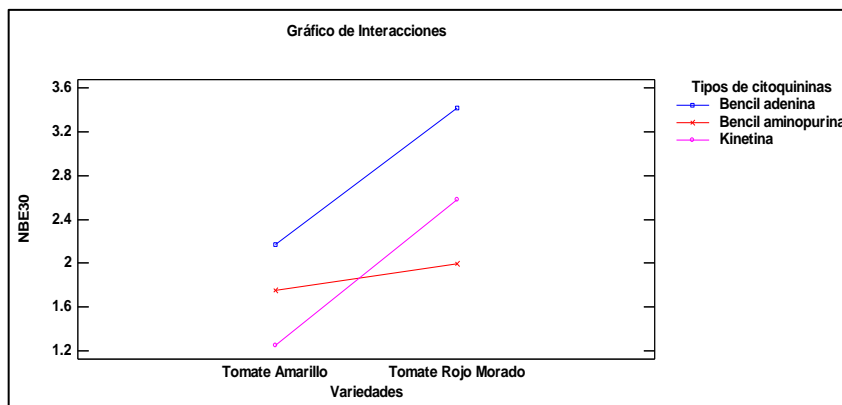
\* = Significativo al 5 %.

Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5 %

La respuesta de las variedades de tomate de árbol (amarillo y rojo-morado) en cuanto a las variables: NBE (30 dd), NHB (30 dd) y AB (30 dd) dependieron de los tipos de citoquininas (Bencil adenina, Kinetina y Bencil aminopurina) (Cuadro N°4 y Gráficos N°8; 9 y 10).

#### 4.4.1. Número de brotes por explante (NBE)



**Gráfico N° 8.** Resultados promedios de la variable número de brotes por explante a los 30 días en la interacción de factores variedades de tomate de árbol por tipos de citoquininas (AxB).

#### Análisis e interpretación

Se determinaron efectos estadísticamente significativos (\*) de la interacción del Factor AxB, dando como respuesta que las variedades de tomate de árbol en la variable número de brotes por explante en el período de 30 días, dependió de los tipos de citoquininas obteniendo una media general de 2 brotes como se observa en el Cuadro N°4. El mayor promedio se registró en la variedad Tomate rojo-morado aplicada la hormona Bencil adenina es de 3 brotes, mientras que el menor promedio

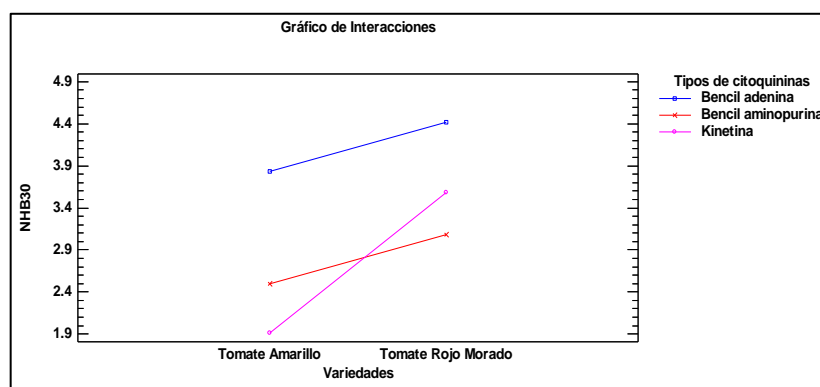
se obtuvo en la variedad Tomate amarillo aplicada la hormona Kinetina con 1 brote a los 30 días (Cuadro N°4 y Gráfico N°8).

Mediante estos resultados se pudo determinar que el (NBE) al ser una característica varietal, está relacionada directamente a los tipos de citoquininas utilizados, dando lugar a una correcta formación y desarrollo de nuevos brotes axilares en el explante.

En cuanto, a número de brotes por explante, puede deberse a los contenidos adecuados de citoquininas en el medio de cultivo, en donde las citoquininas se encargan de la proliferación y elongación sintetizándose en raíces y tallos, estimulando el desarrollo de brotes y la multiplicación meristema apical (división celular y aumento de clorofila) mientras mayor sea su concentración.

Según Barrera (2021), acredita que en su investigación, con valores de 1,15 (1 brote/explante) en combinación con BA fue muy baja pero los explantes presentaron los mejores resultados en cuanto a la obtención de plantas in vitro, en donde la adición o utilización de fitohormonas BAP tienen influencia directa sobre el desarrollo acelerado de los meristemas radicales, apicales y por ende favorecen un mejor tamaño, número de brotes y hojas, en comparación con nuestra investigación en cuanto a la variable y combinación de factores es mayor con 3 brotes por explante con la citoquinina Bencil adenina.

#### 4.4.2. Número de hojas por brote (NHB)



**Gráfico N° 9.** Resultados promedios de la variable número de hojas por brote a los 30 días en la interacción de factores variedades de tomate de árbol por tipos de citoquininas (AxB).

## **Análisis e interpretación**

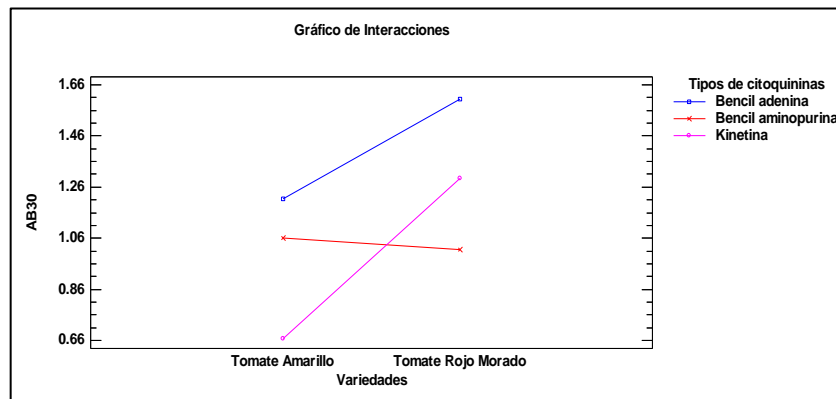
La respuesta de las variedades de tomate de árbol en cuanto a la variable número de hojas por brote a los 30 días, dependieron significativamente (\*) de los tipos de citoquininas contando con una media general de 3 hojas. De acuerdo a la prueba de Tukey al 5%, el promedio superior en la interacción de factores (AxB), se presentó en la variedad Tomate rojo-morado + Bencil adenina con 4 hojas por brote y el promedio inferior se valoró en la variedad Tomate amarillo + Kinetina con apenas 2 hojas (Cuadro N°4 y Gráfico N°9).

El número de hojas por brote esta relacionando directamente con las condiciones favorables como las fitohormonas, la asepsia, la temperatura, además influyó mucho el alto contenido de macro y micronutrientes que se encuentra en el medio de cultivo, para la introducción de explantes beneficiando su formación y desarrollo de nuevas hojas.

Las fitohormonas se han descubierto como factores que promueven la proliferación celular y mantienen el crecimiento de los tejidos vegetales cultivados in vitro, que además están involucradas en: formación de brotes en yemas apicales propagadas in vitro, apertura de estomas, inhibición de la dominancia apical. Juega un papel clave en la elongación de la planta. Sin embargo, estudios recientes muestran que en muchos cultivares, las citoquininas son más efectivas cuando se usan en combinación con auxinas (Valle, 2021).

Los valores presentados en nuestra investigación en cuanto a la variable número de hojas por brote a los 30 días, fueron similares a los reportados por Barrera (2021), con 3 y 4 hojas verdaderas con aplicación de la fitohormona Bencil adenina.

#### 4.4.3. Altura de brotes (AB)



**Gráfico N° 10.** Resultados promedios de la variable altura de brotes a los 30 días en la interacción de factores variedades de tomate por tipos de citoquininas (AxB).

#### Análisis e interpretación

La altura de brotes, en cuanto a la interacción del factor (AxB), si incidieron significativamente (\*) a los 30 días, contando con una media general de 0,53 cm. Se observó un promedio alto en la variedad Tomate rojo-morado añadido Bencil adenina de 1,62 cm y un promedio bajo de 0,67 cm en la variedad Tomate amarillo añadido Kinetina (Cuadro N°4 y Gráfico N°10).

Siendo la variable altura de brotes, una de las características morfológicas más importante del cultivo in vitro, ya que su elongación demostró el efecto del fotoperíodo metabólico, además se contó con las citoquininas que ayudaron al crecimiento del explante, aportando macro y micronutrientes al mismo.

Este estudio proporciona información relevante para determinar los mejores medios de cultivo y condiciones para el crecimiento de plántulas con cada uno de sus brotes in vitro, así como evidencia de la influencia del peso de las hormonas vegetales en el crecimiento de los árboles como lo es el tomate de árbol (Núñez, 2021).

Ramos & Rea (2022) exponen, en cuanto a la variable altura de brotes en combinación con los fitorreguladores obtuvieron una altura de 3,35 cm a los 60 días en su investigación, en comparación con la nuestra se obtuvo una altura menor de 1,62 en la variedad y citoquinina ya anteriormente mencionada a los 30 días, esto debido que nuestra investigación no fue evaluada a mayor tiempo.

#### 4.5. Interacción de los factores AxC

**Cuadro N° 5.** Resultados promedios de la Prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores (AxC): variedades de tomate (amarillo y rojo morado) por dosis (1 mg/lt, 3 mg/lt, 5 mg/lt, 7 mg/lt).

NBE 45 dd (*)			NHB 45 dd (*)			PTC (*)		
AxC	Prom.	Rango	AxC	Prom.	Rango	AxC	Prom.	Rango
Tomate rojo morado + 5 mg/lt	7	A	Tomate rojo morado + 5 mg/lt	9	A	Tomate amarillo + 1 mg/lt	0.56	A
Tomate amarillo + 3 mg/lt	5	AB	Tomate rojo morado + 7 mg/lt	7	AB	Tomate amarillo + 7 mg/lt	0.33	AB
Tomate rojo morado + 7 mg/lt	5	AB	Tomate amarillo + 5 mg/lt	7	AB	Tomate rojo morado + 1 mg/lt	0.33	AB
Tomate amarillo + 5 mg/lt	5	AB	Tomate amarillo + 3 mg/lt	6	AB	Tomate amarillo + 5 mg/lt	0.33	AB
Tomate rojo morado + 3 mg/lt	4	AB	Tomate rojo morado + 3 mg/lt	6	AB	Tomate amarillo + 3 mg/lt	0.22	AB
Tomate amarillo + 7 mg/lt	3	AB	Tomate amarillo + 7 mg/lt	5	AB	Tomate rojo morado + 3 mg/lt	0.22	AB
Tomate rojo morado + 1 mg/lt	3	AB	Tomate rojo morado + 1 mg/lt	4	AB	Tomate rojo morado + 7 mg/lt	0.11	AB
Tomate amarillo + 1 mg/lt	2	B	Tomate amarillo + 1 mg/lt	3	B	Tomate rojo morado + 5 mg/lt	0.00	B
$\bar{X}$ : 4.15 CV: 62.03 %			$\bar{X}$ : 5.79 CV: 58.09 %			$\bar{X}$ : 0.26 CV: 138.43 %		

Fuente Investigativo del laboratorio 2023

NS = No significativo

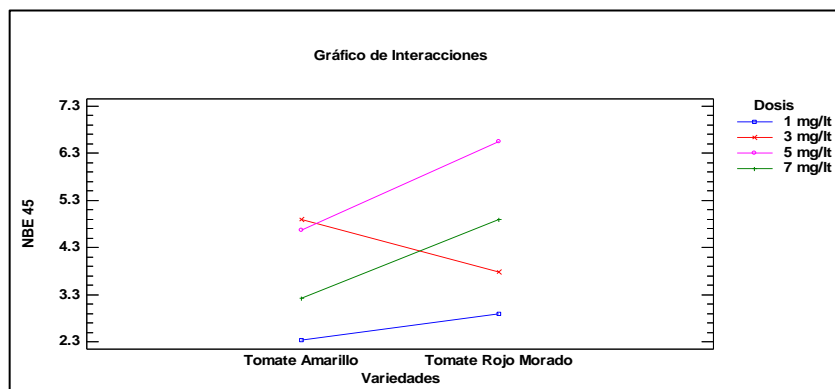
\* = Significativo al 5 %.

Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5 %

La respuesta de las variedades de tomate (amarillo y rojo morado) en cuanto a las variables NBE (45 dd), NHB (45 dd) y PTC dependieron de las dosis (1 mg/lt, 3 mg/lt, 5 mg/lt, 7 mg/lt) (Cuadro No. 5 y Gráficos N° 11; 12 y 13).

#### 4.5.1. Número de brotes por explante (NBE)



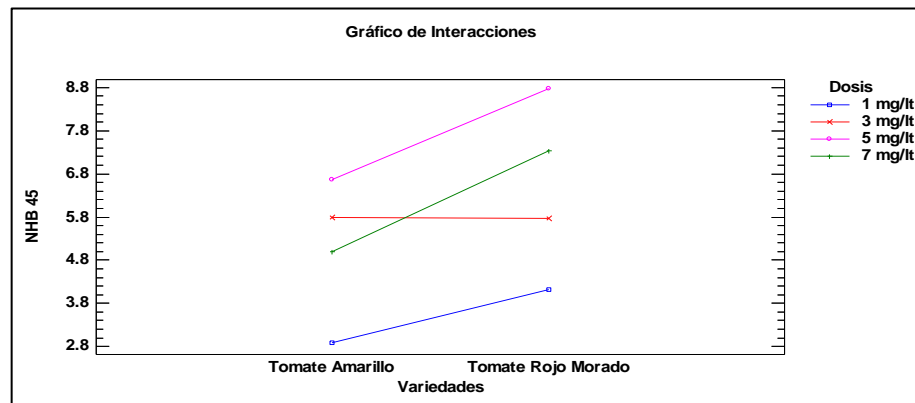
**Gráfico N° 11.** Resultados promedios de la variable número de brotes por explante a los 45 días en la interacción de factores variedades de tomate por dosis (Ax C).

#### Análisis e interpretación

Dentro de la interacción de los factores (Ax C) que corresponden a la variedad de tomate de árbol, por la dosis, en la variable número de brotes por explantes, los datos obtenidos fueron estadísticamente significativos en la interacción de estos dos factores que nos arrojan como resultado lo siguiente; tenemos una media general de 4 brotes a los 45 días transcurridos, esto también dejó el mejor promedio de 7 brotes por explante al tomate rojo morado + 5 mg/lt que es su dosificación, en consecuencia se puede decir que la menor fue en la variedad tomate amarillo + 1 mg/lt, la cual alcanzo un promedio de 2 brotes por explante (Cuadro N°5 y Gráfico N°11).

Agregando a lo anterior debemos expresar que los resultados que se obtuvieron de dichas combinaciones de los dos factores, fueron positivos dando lugar al mejor que fue, el tomate rojo morado + 5 mg/lt con su respectiva dosificación, también cabe recalcar que las citoquininas con sus referentes dosis a utilizar ayudaron mucho a la formación de brotes axilares, la inducción, crecimiento, desarrollo y proliferación en esta variedad, de igual manera se trabajó con la variedad tomate amarillo + 1 mg/lt, la cual no tuvo tanto rendimiento y fue uno de los más bajo en su desarrollo, pero sirvió como una investigación de absoluta experiencia para próximos trabajos en estos cultivos, variedad y dosis.

#### 4.5.2. Número de hojas por brote (NHB)



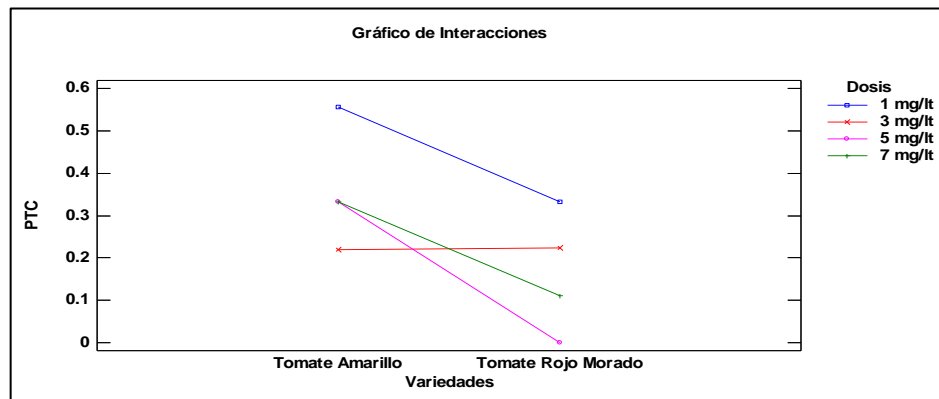
**Gráfico N° 12.** Resultados promedios de la variable número de hojas por brote a los 45 días en la interacción de factores variedades de tomate por dosis (AxC).

#### Análisis e interpretación

Con respecto a la variable número de hojas por brote en la interacción de factores (AxC) se evaluaron los siguientes resultados estadísticos, obteniendo una media general de 6 hojas a los 45 días desde su respectiva introducción al medio de cultivo, por consiguiente, se registró que el mejor promedio es de 9 hojas por brote, en la variedad y dosis (tomate rojo morado + 5 mg/lit), contando con un menor promedio de 3 hojas en la variedad y dosis (tomate amarillo + 1 mg/lit) (Cuadro N°5 y Gráfico N°12).

Entonces resulta que en estas interacciones de los dos factores con dicha variedad y dosis, la mejor fue tomate rojo morado + 5 mg/lit, esto debido a que mientras mayor número de brotes existieron por explante, por ende, hubo un aumento en el promedio de número de hojas, ya sea que esta variedad con su respectiva dosificación se adaptaron de una manera positiva a los micro y macronutrientes que lo conforman, mientras que la menor se dio en tomate amarillo + 1 mg/lit, ya que no tuvo tanta acogida con esta dosificación y variedad.

### 4.5.3. Porcentaje de tubos contaminados (PTC)



**Gráfico N° 13.** Resultados promedios de la variable porcentaje de tubos contaminados en la interacción de factores variedades de tomate por dosis (AxC).

#### **Análisis e interpretación**

Finalmente, tenemos la variable porcentaje de tubos contaminados con la interacción de factores (AxC), adquiriendo una media general del 0,26% de contaminación en los 45 días que duro la investigación dentro del laboratorio, dejando como resultado que el mayor porcentaje de contaminación se obtuvo en la variedad y dosis del tomate amarillo + 1 mg/lt, al contrario del tomate rojo morado con su dosis 5 mg/lt, donde no existió ningún tubo contaminado en el transcurso de todo ese tiempo (Cuadro N°5 y Gráfico N°13).

Podemos entender que en la variedad y dosis del tomate rojo morado + 5 mg/lt fue la mejor en todos los aspectos de las interacciones de los factores (AxC), entonces esto quiere decir que obtuvo mayor acogida con el medio de cultivo, temperatura, micro y macronutrientes y lugar de desarrollo, donde no existido contaminación en los 45 días que duro el proceso de toma de datos en el laboratorio de biotecnología, todas estas variables van en secuencia, porque si tenemos mayor promedio de brotes, obviamente se obtendrá mejor número de hojas y cero contaminación en los tubos, mientras que la menos indicada en cuanto a su dosificación y variedad fue tomate amarillo + 1 mg/lt, debido a factores externos como son: lugar de origen de la variedad, adaptación y planta madre e internos: condiciones asépticas, temperatura, tipo de brote, tiempo de desinfección de los brotes.



#### 4.6. Interacción de los factores BxC

**Cuadro N° 6.** Resultados promedios de la Prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores (BxC): tipos de citoquininas (Bencil adenina, Kinetina y Bencil aminopurina) por dosis (1 mg/lt, 3 mg/lt, 5 mg/lt, 7 mg/lt).

NBE 45 dd (*)			NHB 45 dd (*)		
BxC	Prom.	Rango	BxC	Prom.	Rango
Kinetina + 5 mg/t	8	A	Kinetina + 5 mg/t	10	A
Bencil adenina + 5 mg/lt	6	AB	Bencil adenina + 5 mg/lt	9	AB
Bencil adenina + 7 mg/lt	6	AB	Bencil adenina + 7 mg/lt	8	AB
Bencil adenina + 3 mg/lt	5	AB	Bencil adenina + 3 mg/lt	8	AB
Bencil aminopurina + 7 mg/lt	4	AB	Bencil aminopurina + 7 mg/lt	7	AB
Kinetina + 3 mg/lt	4	AB	Kinetina + 3 mg/lt	5	AB
Bencil aminopurina + 3 mg/lt	4	AB	Bencil aminopurina + 1 mg/lt	5	AB
Bencil aminopurina + 1 mg/lt	3	AB	Bencil aminopurina + 5 mg/lt	5	AB
Bencil aminopurina + 5 mg/lt	3	AB	Bencil aminopurina + 3 mg/lt	5	AB
Bencil adenina + 1 mg/lt	2	B	Kinetina + 7 mg/lt	4	AB
Kinetina + 1 mg/lt	2	B	Kinetina + 1 mg/lt	3	B
Kinetina + 7 mg/lt	2	B	Bencil adenina + 1 mg/lt	3	B
$\bar{X}$ : 4.15 CV: 62.03 %			$\bar{X}$ : 5.79 CV: 58.09 %		

Fuente Investigativo de laboratorio 2023

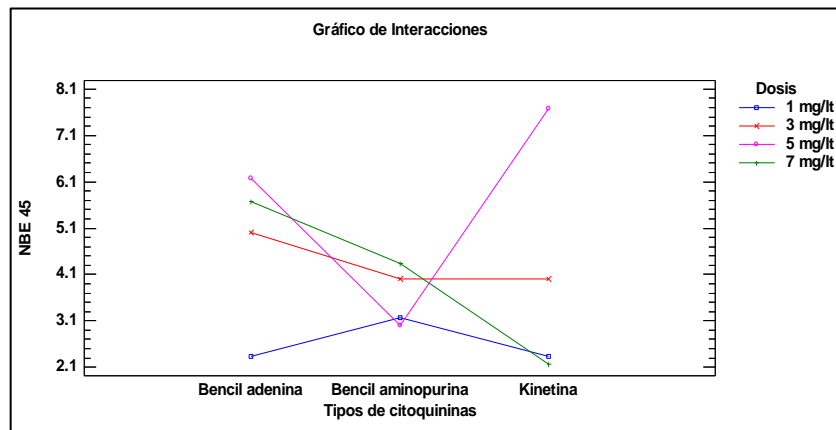
\* = Significativo al 5 %.

Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5 %

La respuesta de los tipos de citoquininas (Bencil adenina, Kinetina y Bencil aminopurina) en cuanto a las variables NBE (45 dd) y NHB (45 dd) dependieron de las dosis (1 mg/lt, 3 mg/lt, 5 mg/lt, 7 mg/lt). (Cuadro N°6 y Gráficos N°14 y 15).

#### 4.6.1. Número de brotes por explante (NBE)



**Gráfico N° 14.** Resultados promedios de la variable número de brotes por explante a los 45 días en la interacción de factores tipos de citoquininas por dosis (BxC).

#### Análisis e interpretación

Realizada la prueba de Tukey al 5%, en un período de 45 días, se determinó la respuesta agronómica de la variable número de brotes por explante en la interacción del factor (BxC) como significativa (\*), obteniendo una media general de 4 brotes (Cuadro N°6).

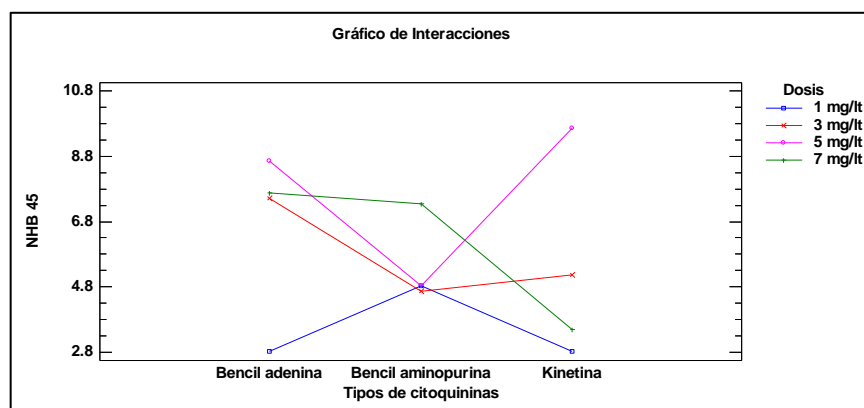
Obtenidos los resultados del análisis de efecto principal a los 45 días, se registró mayor número de brotes por explante (8) aplicada la citoquinina Kinetina en dosis de 5 mg/lt. No obstante, utilizando la misma citoquinina con dosis diferente de 7 mg/lt, se observó un menor número de brotes por explante (2) (Cuadro N°6 y Gráfico N°14).

Con los datos generados en esta investigación, se pudo determinar que en la variable (NBE) influyeron de manera directa las dosificaciones de las diferentes citoquininas empleadas, tomando en cuenta la importancia de los macro y micronutrientes esenciales para la proliferación de explantes, ya que a mayor concentración existió un incremento de callos lo cual dio paso a la formación de nuevos brotes y por ende el desarrollo de tallos y hojas. Teniendo un adecuado manejo del ensayo y las características varietales de cada variedad.

Hoy en el mercado se cuenta con diferentes productos que están elaborados a base de citoquininas y de los cuales podemos hacer uso. Si bien cada uno de ellos tiene diferentes concentraciones, recuerden no perder de vista que parte del éxito en el control del evento fisiológico está en seleccionar el más reactivo. Adicionalmente, con el uso de la molécula con la más alta potencia también debemos considerar que los tejidos se encuentren en una etapa sensible, usar la dosis correcta (Corona, 2020).

Según Pazmiño (2017), menciona en cuanto a la variable Número de brotes por explante (NBE), el promedio más elevado que registró fue en la (Bencil adenina + 3 mg) con 2,67 (3 brotes) en comparación a nuestros resultados fue mayor a los 45 días con 4,15 (4 brotes) por explante la cual fue, Kinetina en dosis de 5 mg/lt, esto dependió del tipo de fitorregulador y de la dosis aplicada.

#### 4.6.2. Número de hojas por brote (NHB)



**Gráfico N° 15.** Resultados promedios de la variable número de hojas por brote a los 45 días en la interacción de factores tipos de citoquininas por dosis (BxC).

#### Análisis e interpretación

En cuanto a la variable número de hojas por brote dentro de la interacción de los factores, tipo de citoquininas por dosis (BxC) se obtienen los siguientes datos estadísticos, donde se adquirió una media general de 6 hojas a los 45 días, registrando que el mejor promedio fue de 10 hojas por brote, quien obtuvo este valor fue la Kinetina con una dosis de +5 mg/lt, por otra parte, la de menor

rendimiento en el promedio con 3 hojas por brote fue la Bencil adenina con una dosificación de + 1 mg/lit (Cuadro N°6 y Gráfico N°15).

Por lo tanto, se pudo deducir que la mejor citoquinina para aumentar el número de hojas por brote, fue la Kinetina más la dosis de +5 mg/lit, debido a la aceptación que tuvo la variedad dentro de este fitorregulador como su dosificación propuesta o también puede ser ligado al tipo de brote que se consiguió desde la planta madre.

Sin embargo, tenemos la otra cara de la moneda, la cual tuvo un desarrollo muy pobre en el número de hojas por brote, esta fue la Bencil adenina con su dosificación + 1 mg/lit, en estas medidas se puede decir que no fue positiva, porque pudo ser bien el fitorregulador, dosis o variedad, donde no existió compatibilidad para obtener un mayor rendimiento.

Para la variable número de hojas por brote (NHB) en comparación con los datos registrado por (Pazmiño, 2017) quien expresa que obtuvo un promedio de 4 hojas por brote en la citoquinina y dosis (Bencil adenina + 3 mg), mientras que la respuesta de esta investigación fue mayor con 6 hojas por brote en la fitohormona y dosificación (Kinetina +5 mg/lit) entonces la respuesta obtenida en esta investigación muestra que el número de hojas por brote dependió del tipo de fitorregulador y de la dosis aplicada.

#### 4.7. Interacción de factores AxBxC

**Cuadro N° 7.** Resultados promedios de la Prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores (AxBxC): variedades (tomate amarillo y rojo morado) por tipos de citoquininas (Bencil adenina, Kinetina y Bencil aminopurina) por dosis (1 mg/lit, 3 mg/lit, 5 mg/lit, 7 mg/lit).

NBE 30 dd (*)		
AxBxC	Prom.	Rango
Tomate rojo morado + Bencil adenina + 5 mg/lit	5	A
Tomate rojo morado + Bencil adenina + 3 mg/lit	3	AB
Tomate rojo morado + Kinetina + 5 mg/lit	4	AB
Tomate amarillo + Bencil aminopurina + 3 mg/lit	3	AB
Tomate rojo morado + Bencil adenina + 7 mg/lit	3	AB
Tomate rojo morado + Bencil aminopurina + 7 mg/lit	3	AB
Tomate amarillo + Bencil adenina + 3 mg/lit	3	AB
Tomate amarillo + Bencil adenina + 5 mg/lit	3	AB

Tomate rojo morado + Bencil aminopurina + 1 mg/lt	2	AB
Tomate rojo morado + Bencil aminopurina + 5 mg/lt	2	AB
Tomate amarillo + Kinetina + 5 mg/lt	2	AB
Tomate rojo morado + Kinetina + 3 mg/lt	2	AB
Tomate rojo morado + Kinetina + 7 mg/lt	2	AB
Tomate amarillo + Bencil adenina + 7 mg/lt	2	AB
Tomate amarillo + Kinetina + 3 mg/lt	2	AB
Tomate amarillo + Bencil aminopurina + 7 mg/lt	2	AB
Tomate rojo morado + Kinetina + 1 mg/lt	2	AB
Tomate amarillo + Bencil adenina + 1 mg/lt	1	AB
Tomate amarillo + Bencil aminopurina + 1 mg/l	1	AB
Tomate amarillo + Bencil aminopurina + 5 mg/lt	1	AB
Tomate rojo morado + Bencil adenina + 1 mg/lt	1	AB
Tomate amarillo + Kinetina + 1 mg/lt	1	B
Tomate amarillo + Kinetina + 7 mg/lt	0	B
Tomate rojo morado + Bencil aminopurina + 3 mg/lt	0	B
$\bar{X}$ : 2.19      CV: 59.71 %		

Fuente Investigativo de laboratorio 2023

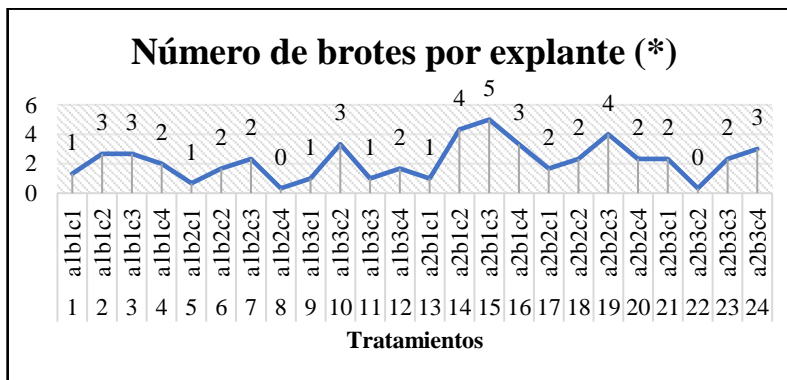
NS = No significativo

\* = Significativo al 5 %.

Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5 %

#### 4.7.1. Número de brotes por explante (NBE30)



**Gráfico N° 16.** Resultados promedios de la variable número de brote por explante a los 30 días en la interacción de factores: variedades por tipos de citoquininas y por dosis (AxBxC).

#### Análisis e interpretación

Los resultados expuestos en la prueba de Tukey al 5% indica que la variable (NHB) dependió de la interacción de factores AxBxC, obteniendo un resultado estadístico significativo (\*) a los 30 días, en cuanto a los promedios logrados en el transcurso

de este tiempo, se registró con mayor número de hojas el tratamiento T15 (a2b1c3) con un total de 5 hojas y los tratamientos T8 (a1b2c4) y T22 (a2b3c3) no presentaron hojas (Cuadro N°7 y Gráfico N°16).

De acuerdo a los efectos obtenidos en esta investigación, la variable (NHB) dependió de la altura del brote teniendo en cuenta que es una característica muy importante en el cultivo in vitro, ya que, si tenemos mayor longitud, mayor es el aumento del número de hojas, además a esto podemos inferir que la variable dependió de distintos factores, tales como: variedad, tipo de citoquinina y dosificación. Todo esto es complemento para una buena formación y desarrollo del explante al igual que los cuidados asépticos con los que se trabajó en las diferentes áreas del laboratorio.

#### **4.8. Variables agronómicas para promedios de tratamientos**

##### **4.8.1. Días a la brotación en el laboratorio**

**Cuadro N° 8.** Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en la variable Días a la brotación en el laboratorio a los 45 días.

<b>DBL (NS)</b>		
<b>N° Tratamiento</b>	<b>Promedio</b>	<b>Rango</b>
3	13	A
10	13	A
23	13	A
4	12	A
21	11	A
24	11	A
18	10	A
19	10	A
6	10	A
16	8	A
12	8	A
14	8	A
15	8	A
9	8	A
7	6	A
17	6	A
2	5	A
20	5	A

5	5	A
22	5	A
1	3	A
8	3	A
11	3	A
13	3	A
$\bar{X}$ : 7.74      CV% 68.89		

Fuente Investigativo de laboratorio 2023

NS = No significativo

Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas

De acuerdo a la prueba de Tukey al 5% en cuanto a la variable (DBL) a los 45 días no presento diferencias significativas (NS) (Cuadro N°8).

#### 4.8.2. Número de brotes por explante (NBE)

**Cuadro N° 9.** Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en la variable Número de brotes por explante a los 15, 30 y 45 días.

NBE 15 (NS)			NBE 30 (NS)			NBE 45 (*)		
T	Prom.	Rango	T	Prom.	Rango	T	Prom.	Rango
14	1	A	15	5	A	19	9	A
15	1	A	14	4	A	7	7	AB
16	1	A	19	4	A	10	7	AB
18	1	A	10	3	A	15	7	AB
19	1	A	16	3	A	16	6	AB
2	1	A	24	3	A	3	6	AB
3	1	A	2	3	A	14	6	AB
4	1	A	3	3	A	4	5	AB
7	1	A	21	2	A	24	5	AB
10	1	A	23	2	A	2	4	AB
17	1	A	7	2	A	18	4	AB
20	1	A	18	2	A	23	4	AB
21	1	A	20	2	A	12	4	AB
24	1	A	4	2	A	21	4	AB
1	0	A	6	2	A	6	4	AB
6	0	A	12	2	A	20	4	AB
8	0	A	17	2	A	1	3	AB
9	0	A	1	1	A	17	3	AB
11	0	A	9	1	A	9	2	AB
12	0	A	11	1	A	5	2	AB

13	0	A	13	1	A	11	2	AB
22	0	A	5	1	A	13	2	B
23	0	A	8	0	A	22	1	B
5	0	A	22	0	A	8	1	B
$\bar{X}$ : 0.58 CV% 86.33			$\bar{X}$ : 2.19 CV% 59.71			$\bar{X}$ : 4.15 CV% 62.03		

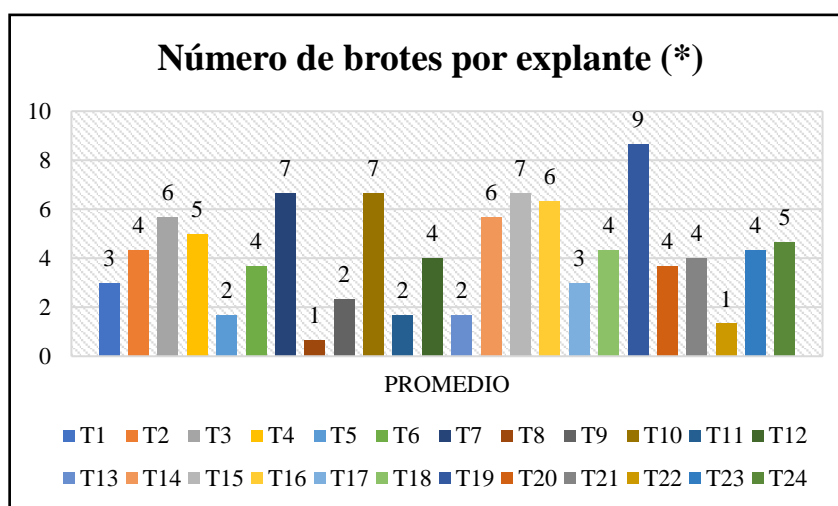
Fuente Investigativo de laboratorio 2023

NS = No significativo

\* = Significativo al 5 %.

Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas

Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5 %



**Gráfico N° 17.** Valores promedio de los tratamientos en la variable número de brotes por explante (NBE) a los 45 días.

### Análisis e interpretación

La respuesta agronómica en la variable número de brotes por explante de acuerdo a la prueba de Tukey al 5% presento diferencias significativas (\*), indicando una media general de 4 brotes (Cuadro N°8).

Se obtuvo un promedio elevado de 9 brotes por explante que corresponde al T19 (Tomate rojo morado + Kinetina + 5 mg/lt) y el promedio bajo de 1 brote en el T8 (Tomate amarillo + Kinetina + 7 mg/lt) (Cuadro N°8 y Gráfico N°17).

Podemos decir que cada uno de los tratamientos dependió de los diferentes factores como son: Variedad (A), Citoquinina (B) y dosificación (C), cada uno de ellos cumplió con su función en el desarrollo del explante. A más de eso influyo el manejo del experimento, genotipo – ambiente, tipo de explante (terminal), condiciones asépticas.



Es necesario tener en cuenta aspectos críticos como oportunidad de aplicación, dosis, sensibilidad de la variedad, condición de la planta, etc., ya que cada planta requerirá de unas condiciones específicas de crecimiento que pueden afectarse por la concentración de ellos en el medio (Alcantara, 2019)

#### 4.8.3. Número de hojas por brote (NHB)

**Cuadro N° 10.** Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en la variable Número de hojas por brote a los 15, 30 y 45 días.

NHB 15 (NS)			NHB 30 (NS)			NHB 45 (NS)		
T	Prom.	Rango	T	Prom.	Rango	T	Prom.	Rango
15	3	A	15	6	A	19	10	A
19	3	A	19	6	A	14	9	A
2	2	A	14	5	A	15	9	A
14	2	A	3	5	A	7	9	A
18	2	A	16	5	A	16	9	A
4	2	A	24	4	A	24	8	A
16	2	A	2	4	A	3	8	A
3	1	A	10	4	A	10	7	A
7	1	A	21	4	A	4	7	A
11	1	A	4	4	A	23	7	A
20	1	A	7	3	A	12	6	A
21	1	A	18	3	A	18	6	A
24	1	A	23	3	A	21	6	A
1	1	A	20	3	A	2	6	A
13	1	A	1	3	A	20	5	A
6	1	A	6	2	A	6	4	A
10	1	A	12	2	A	17	4	A
17	1	A	17	2	A	1	3	A
23	1	A	11	2	A	9	3	A
8	0	A	9	2	A	11	3	A
9	0	A	13	2	A	13	2	A
12	0	A	5	1	A	5	2	A
5	0	A	8	1	A	8	2	A
22	0	A	22	1	A	22	1	A
$\bar{X}$ : 1.22 CV: 97.36 %			$\bar{X}$ : 3.22 CV: 58.62 %			$\bar{X}$ : 5.79 CV: 58.09%		

Fuente Investigativo de laboratorio 2023

NS = No significativo

Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas

La respuesta de los promedios de tratamientos en cuanto a la variable (NHB) a los 15, 30 y 45 días, fueron similares (NS) (Cuadro N°10).

#### 4.8.4. Altura de brotes (AB)

**Cuadro N° 11.** Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en la variable Altura de brotes a los 15, 30 y 45 días.

AB 15 (NS)			AB 30 (NS)			AB 45 (NS)		
T	Prom.	Rango	T	Prom.	Rango	T	Prom.	Rango
14	1.37	A	14	2.43	A	14	3.37	A
15	1.23	A	19	1.87	A	10	3.13	A
16	1.10	A	15	1.73	A	3	2.83	A
19	0.97	A	16	1.63	A	16	2.80	A
20	0.73	A	24	1.60	A	19	2.57	A
4	0.70	A	10	1.60	A	7	2.53	A
18	0.67	A	3	1.53	A	15	2.50	A
2	0.63	A	2	1.33	A	24	2.50	A
24	0.57	A	7	1.30	A	4	1.90	A
7	0.50	A	18	1.30	A	18	1.80	A
17	0.47	A	20	1.23	A	2	1.80	A
23	0.47	A	23	1.20	A	9	1.80	A
3	0.43	A	4	1.17	A	23	1.70	A
1	0.40	A	9	1.17	A	20	1.60	A
11	0.40	A	21	1.03	A	12	1.57	A
13	0.40	A	12	0.87	A	21	1.47	A
8	0.37	A	1	0.83	A	1	1.17	A
9	0.37	A	17	0.77	A	17	1.07	A
21	0.37	A	13	0.63	A	11	0.80	A
10	0.33	A	8	0.60	A	13	0.77	A
6	0.17	A	11	0.60	A	6	0.70	A
12	0.13	A	6	0.47	A	8	0.70	A
5	0.00	A	5	0.30	A	5	0.43	A
22	0.00	A	22	0.23	A	22	0.33	A
$\bar{X}$ : 0.53 CV: 91.42%			$\bar{X}$ : 1.14 CV: 64.73 %			$\bar{X}$ : 1.74 CV: 63.38 %		

Fuente Investigativo de laboratorio 2023

NS = No significativo

Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas

Con el análisis de la prueba de Tukey al 5% de la variable (AB) a los 15, 30 y 45 días, no se determinó diferencias estadísticas significativas (NS) (Cuadro N°11).

#### 4.8.5. Porcentaje de tubos contaminados (PTC)

**Cuadro N° 12.** Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en la variable Porcentaje de tubos contaminados a los 45 días.

<b>PTC (NS)</b>		
<b>N° Tratamiento</b>	<b>Prom.</b>	<b>Rango</b>
1	0.67	A
5	0.67	A
8	0.67	A
11	0.67	A
13	0.67	A
22	0.67	A
2	0.33	A
6	0.33	A
7	0.33	A
9	0.33	A
12	0.33	A
17	0.33	A
20	0.33	A
3	0.00	A
4	0.00	A
10	0.00	A
14	0.00	A
15	0.00	A
16	0.00	A
18	0.00	A
19	0.00	A
21	0.00	A
23	0.00	A
24	0.00	A
<b><math>\bar{X}</math>: 0.26      CV% 138.43</b>		

Fuente Investigativo de laboratorio 2023

NS = No significativo

Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas

La respuesta de los promedios de tratamientos en cuanto a la variable (PTC) a los 45 días, fueron similares (NS) (Cuadro N°12).

#### 4.8.6. Taza de velocidad de multiplicación (TVM)

**Cuadro N° 13.** Resultados Promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en la variable Taza de velocidad de multiplicación.

<b>TVM (NS)</b>		
<b>N° Tratamiento</b>	<b>Prom.</b>	<b>Rango</b>
19	0.17	A
7	0.13	A
10	0.13	A
14	0.13	A
15	0.13	A
16	0.13	A
2	0.10	A
3	0.10	A
4	0.10	A
12	0.10	A
18	0.10	A
21	0.10	A
23	0.10	A
1	0.07	A
6	0.07	A
9	0.07	A
17	0.07	A
20	0.07	A
24	0.07	A
5	0.03	A
11	0.03	A
13	0.03	A
22	0.03	A
8	0.03	A
<b><math>\bar{X}</math>: 0.09    CV% 72.59</b>		

Fuente Investigativo de laboratorio 2023

NS = No significativo

Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas

De acuerdo a la prueba de Tukey al 5% en cuanto a la variable (TVM) a los 45 días no presento diferencias significativas (NS) (Cuadro N°13).

#### 4.9. Análisis de correlación y regresión lineal

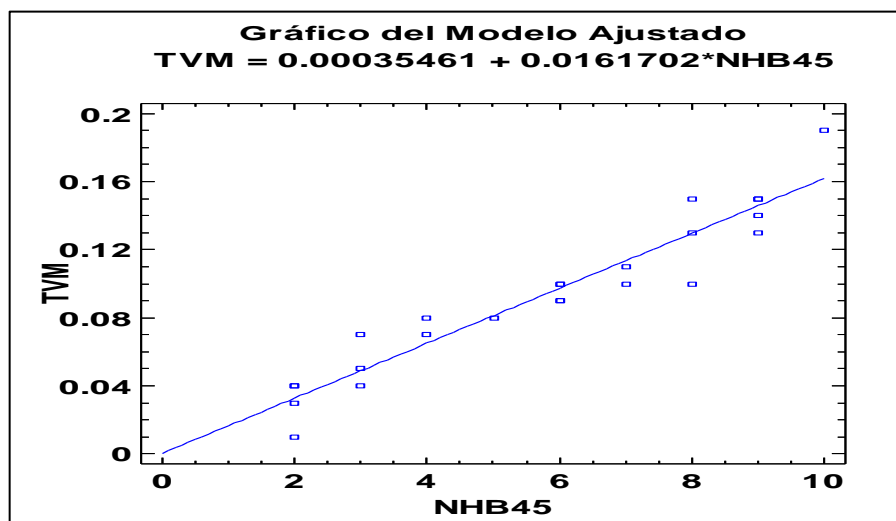
**Cuadro N° 14.** Análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (Xs) que presentaron diferencias estadísticas significativas sobre la Taza de velocidad de multiplicación (Y). Laguacoto III. 2023.

Variables independientes (Xs)	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente de regresión (b)	Coefficiente de determinación (R <sup>2</sup> ) %
Número de hojas por brote a los 15 días (**)	0.68	0.04	46.28
Número de hojas por brote a los 30 días (**)	0.90	0.03	80.30
Número de hojas por brote a los 45 días (**)	0.95	0.02	90.74
Altura de brotes a los 15 días (**)	0.64	0.08	40.29
Altura de brotes a los 30 días (**)	0.82	0.07	66.92
Altura de brotes a los 45 días (**)	0.86	0.04	74.52

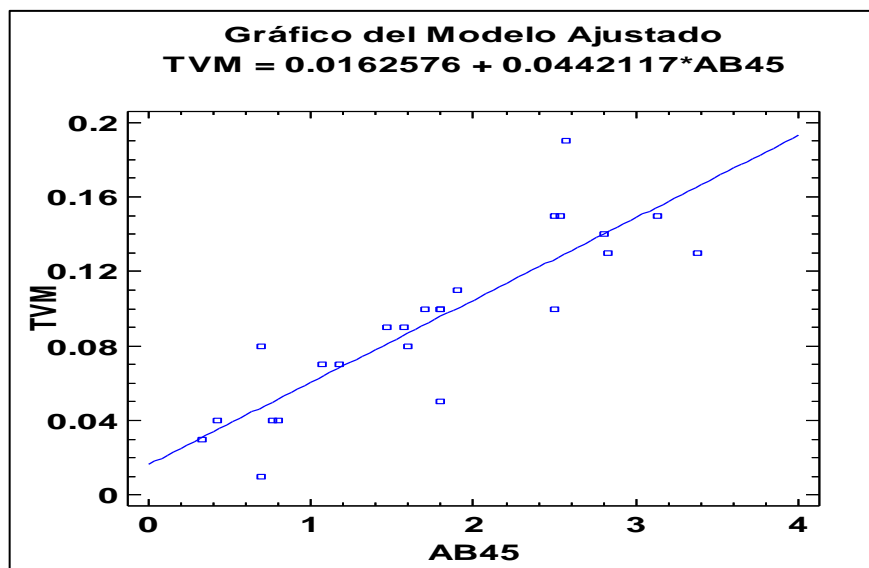
Fuente de laboratorio 2023

\*= Significativo al 5%

\*\*= Altamente significativo al 1%



**Gráfico N° 18.** Regresión lineal número de hojas por brote a los 45 días versus la Taza de velocidad de multiplicación. Laguacoto III. 2023.



**Gráfico N° 19.** Regresión lineal altura de brote a los 45 días versus la Taza de velocidad de multiplicación. Laguacoto III. 2023.

### **Coefficiente de Correlación (r)**

Permite pronosticar el valor de una variable dado un valor determinado de la otra variable. Se trata de estimar la asociación entre dos variables cuantitativas estudiando el método conocido como correlación, este es el primer paso para establecer la relación entre las variables, no tiene unidades y su valor máximo es de +/-1.

En nuestra investigación las variables independientes que mostraron una correlación o estrechez altamente significativa y positiva con la tasa de velocidad de multiplicación fueron las siguientes: Número de hojas por brote a los 15 días (NHB), Número de hojas por brote a los 30 días (NHB), Número de hojas por brote a los 45 días (NHB), Altura de brotes a los 15 días (AB), Altura de brotes a los 30 días (AB), Altura de brotes a los 45 días (AB) (Cuadro N°14).

### **Coefficiente de Regresión (b)**

Es el incremento o disminución de la variable dependiente (Y), por cada cambio único de las variables independientes (Xs).

En esta investigación las variables independientes que incrementaron la tasa de velocidad de multiplicación fueron las siguientes: Número de hojas por brote a los

15 días (NHB), Número de hojas por brote a los 30 días (NHB), Número de hojas por brote a los 45 días (NHB), Altura de brotes a los 15 días (AB), Altura de brotes a los 30 días (AB), Altura de brotes a los 45 días (AB). Entonces podemos decir que mientras existan valores más altos en estos componentes, significa que por ende preexiste una mayor tasa de velocidad de multiplicación (Cuadro N°14).

### **Coefficiente de Determinación ( $R^2$ )**

El ( $R^2$ ) nos indica en que porcentaje hubo un incremento o una disminución de la Taza de velocidad de multiplicación en la variable dependiente (Y), por efecto de las variables independientes (Xs).

Dentro de esta investigación hubo significancias estadísticas de las variables agronómicas sobre la (TVM), donde el Número de hojas por brote a los 30 y 45 días fue el más importante obteniendo un incremento de la tasa de velocidad de multiplicación en un 80,30% y 90,74% (Cuadro N°14).

#### 4.10. Análisis económico en la relación beneficio/costo

**Cuadro N° 15.** Costo beneficio de tomate de árbol

<b>Concepto</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>	<b>T11</b>	<b>T12</b>
Brotos	3	4	6	5	2	4	7	1	2	7	2	4
No. Plantas por tratamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Plantas	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Costo por tratamiento</b>												
Citoquininas	0,03	0,09	0,15	0,21	0,03	0,09	0,15	0,21	0,03	0,09	0,15	0,21
Agar	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Tubos/frascos	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
Papel aluminio	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Papel film	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Povidym	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Cloro	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Fungicida	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
<b>Costo total</b>	<b>15,97</b>	<b>16,03</b>	<b>16,09</b>	<b>16,15</b>	<b>15,97</b>	<b>16,03</b>	<b>16,09</b>	<b>16,15</b>	<b>15,97</b>	<b>16,03</b>	<b>16,09</b>	<b>16,15</b>
Ingreso bruto	21,00	28,00	42,00	35,00	14,00	28,00	49,00	7,00	14,00	49,00	14,00	28,00
Ingreso neto	5,03	11,97	25,91	18,85	-1,97	11,97	32,91	-9,15	-1,97	32,97	-2,09	11,85
<b>Relación B/C</b>	<b>1,31</b>	<b>1,75</b>	<b>2,61</b>	<b>2,17</b>	<b>0,88</b>	<b>1,75</b>	<b>3,05</b>	<b>0,43</b>	<b>0,88</b>	<b>3,06</b>	<b>0,87</b>	<b>1,73</b>
<b>Relación I/C</b>	<b>0,31</b>	<b>0,75</b>	<b>1,61</b>	<b>1,17</b>	<b>-0,12</b>	<b>0,75</b>	<b>2,05</b>	<b>-0,57</b>	<b>-0,12</b>	<b>2,06</b>	<b>-0,13</b>	<b>0,73</b>



<b>Concepto</b>	<b>T13</b>	<b>T14</b>	<b>T15</b>	<b>T16</b>	<b>T17</b>	<b>T18</b>	<b>T19</b>	<b>T20</b>	<b>T21</b>	<b>T22</b>	<b>T23</b>	<b>T24</b>
Brotes	2	6	7	6	3	4	9	4	4	1	4	5
No. Plantas por tratamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Plantas	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Costo por tratamiento</b>												
Citoquininas	0,03	0,09	0,15	0,21	0,03	0,09	0,15	0,21	0,03	0,09	0,15	0,21
Agar	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Tubos/frascos	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
Papel aluminio	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Papel film	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Povidym	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Cloro	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Fungicida	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
<b>Costo total</b>	15,97	16,03	16,09	16,15	15,97	16,03	16,09	16,15	15,97	16,03	16,09	16,15
Ingreso bruto	14,00	42,00	49,00	42,00	21,00	28,00	63,00	28,00	28,00	7,00	28,00	35,00
Ingreso neto	-1,97	25,97	32,91	25,85	5,03	11,97	46,91	11,85	12,03	-9,03	11,91	18,85
<b>Relación B/C</b>	<b>0,88</b>	<b>2,62</b>	<b>3,05</b>	<b>2,60</b>	<b>1,31</b>	<b>1,75</b>	<b>3,92</b>	<b>1,73</b>	<b>1,75</b>	<b>0,44</b>	<b>1,74</b>	<b>2,17</b>
<b>Relación I/C</b>	-0,12	1,62	2,05	1,60	0,31	0,75	2,92	0,73	0,75	-0,56	0,74	1,17

### **Relación Beneficio – Costo (B/C e I/C)**

Relación Costo-Beneficio o Beneficio-Costo: representa la relación general de costos a beneficios durante un período de tiempo. Es básicamente el beneficio en efectivo total propuesto dividido por el costo en efectivo total propuesto. Consiste en una serie de pasos que miden la rentabilidad de un proyecto comparando los costos y beneficios correspondiente a realizar. Si la relación costo-beneficio es mayor a 1, los beneficios superan los costos.

En esta investigación la mejor relación beneficio-costo en los tratamientos evaluados fueron el T19: Tomate rojo morado + Kinetina + 5 mg/lit con \$46,91 y T10: Tomate amarillo + Bencil aminopurina + 3 mg/lit con \$32,97 presentando una relación beneficio-costo de \$3,92 y \$3,06 lo que representa que el productor de tomate de árbol bajo la propagación in vitro por cada dólar invertido tendrá una ganancia de \$2,92 y \$2,06 respectivamente (Cuadro N°15).

Cabe recalcar que existe una similitud en los tratamientos T15: Tomate rojo morado + Bencil adenina + 5 mg/lit y T7: Tomate amarillo + Kinetina + 5 mg/lit \$32,91 en cuanto a la relación beneficio-costo nos dejan el siguiente valor \$3,05 lo que significa que también el productor puede beneficiarse de estos tratamientos ya que por cada dólar invertido tiene una ganancia de \$2,05 representable (Cuadro N°15).

Finalmente, en los tratamientos que existió pérdidas son el T22: Tomate rojo morado + Bencil aminopurina + 3 mg/lit con \$-9,03 y el T11: Tomate amarillo + Bencil aminopurina + 5 mg/lit con \$-2,09 exponiendo una relación beneficio-costo de \$0,44 y 0,87 esto quiere decir que el productor por cada dólar que invierta tendrá pérdidas \$0,56 y 0,13 entonces dichos tratamientos no le convienen para su beneficio (Cuadro N°15).

#### 4.11. Comprobación de hipótesis

En cuanto a los datos evaluados dentro de las características agronómicas, estadísticas y económicas, en base a los resultados obtenidos de nuestra investigación aceptamos la **H<sub>1</sub>**: que menciona “La propagación in vitro de explantes de tomate de árbol dependió de las variedades, citoquininas y dosis”, ya que existió diferencias estadísticas significativas. Por ende, rechazamos la **H<sub>0</sub>**.

Por lo cual sustentamos los siguientes resultados de las variables que se determinaron significancia; Número de brotes por explante a los 15, 30 y 45 días (NBE), Número de hojas por brote a los 15, 30 y 45 días (NHB), Altura de brotes a los 15, 30 y 45 días (AB), Porcentaje de frascos contaminados (PTC).

Estos datos confirman la autorización de aceptación de la hipótesis alterna, aunque mínimas y hasta muy preliminares, proporciona herramientas para definir estas variaciones estadísticamente.

## CAPÍTULO V

### 5. Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1. Conclusiones

Una vez culminado con los diferentes análisis estadísticos y económicos, se describe las siguientes conclusiones:

- La respuesta en las dos variedades de tomate de árbol *Solanum betaceum* L., (amarillo y rojo-morado) en relación a los tipos de citoquininas y dosis, aplicadas para la propagación in vitro y en cuanto a las variables evaluadas demostraron diferencias estadísticas significativas.
- En cuanto al Factor A, la variedad de tomate de árbol rojo – morado sobresale con los mejores resultados, obteniendo de 1 a 3 brotes/explante; una altura del brote de 0,69 cm y un PTC de 0,17%. Dejando un resultado positivo de esta variedad para la micropropagación.
- La citoquinina que alcanzó los mejores promedios para la formación y desarrollo del explante es la Bencil Adenina (b1), la cual registró 2 hojas/brote y 0,78 cm de altura del brote.
- En el factor C, la dosis que más resalto dentro del medio de cultivo es c3: 5 mg/lt, dando como resultado 6 brotes/explante y 8 hojas/brote en el tiempo establecido.
- De acuerdo al análisis económico en la relación beneficio/costo, se determinó que el mejor tratamiento es el T19 que corresponde a (Tomate rojo morado + Kinetina + 5 mg/lt) proporcionando un B/C de \$3,92 lo que representa para el productor de tomate de árbol mediante la aplicación de la biotecnología nos demuestra, que por cada dólar invertido tendrá una ganancia de \$2,92 de igual forma en el T10: (Tomate amarillo + Bencil aminopurina + 3 mg/lt), con un B/C de \$3,06 y una rentabilidad de \$2,06; seguido del T7: (Tomate amarillo + Kinetina + 5 mg/lt) con un B/C de \$3,05 dejando un ingreso \$2,05 por cada dólar invertido.

## 5.2. Recomendaciones

- Ejecutar una selección de plantas madres jóvenes, sanas, resistentes (hongos, bacterias, virus) verdes y vigorosas, esto ayuda a que las zonas de los meristemos apicales de las plantas sean más eficientes al momento de la propagación *in vitro*, cabe de igual manera recalcar que también se debe realizar un proceso de adaptación dentro del vivero entre 15 a 30 días desde su compra o llegada al lugar donde se realizara la investigación.
- Realizar consultas bibliográficas sobre la especie que se desee multiplicar mediante la propagación *in vitro*, con la implementación de protocolos asépticos adecuados en la introducción de los diferentes tejidos dentro del laboratorio, con la finalidad de minimizar la oxidación y contaminación de explante en el medio de cultivo.
- Para garantizar el estado fitosanitario adecuado de los brotes, se recomienda lavarlos con agua destilada y jabón líquido durante 20 min, luego realizar enjuagues consecutivos para eliminar los residuos del jabón, después aplicar Povidyn en 13 cc por 10 min y por último un fungicida. Posteriormente en la cámara de flujo laminar desinfectar los brotes con alcohol al 50% durante 2 min, de igual manera con hipoclorito de sodio (NaClO) al 60% durante 5 min, finalmente eliminar los residuos del desinfectante con agua esterilizada.
- En función de la investigación determinamos que la mejor variedad de tomate de árbol rojo morado presento mejores resultados, por consiguiente, recomendamos la multiplicación de esta variedad con el fitorregulador Kinetina y una dosis de 5 mg/lit, ya que en su relación beneficio-costos otorga una mayor ganancia de ingresos al productor en poco tiempo.
- Para futuros trabajo de investigación se sugiere que este proceso continúe de manera eficiente y no solo se quede hasta la multiplicación *in vitro*, si no también realizar una adaptación de las nuevas plantas desarrolladas en los brotes, efectuado fuera del laboratorio para medir su resistencia o comparación con otras plantas de propagación diferente, esto reforzará a tener información viable, si son o no propensas a plagas, enfermedades y virus que existen en el ambiente.

- Dentro de esta investigación, mediante propagación in vitro en tomate de árbol, en cuanto a la parte económica en la relación B/C, aplicar los siguientes tratamientos T7, T10, T19; quienes tuvieron una mayor rentabilidad, que por cada dólar invertido se obtuvo una ganancia desde \$2,06 hasta \$2,92 respectivamente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, P., Riofrío, T., Rojas, J., Vilanova, S., Plazas, M., & Prohens, J. (2016). Phenological growth stages of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.), an emerging fruit crop, according to the basic and extended BBCH scales. *Scientia Horticulturae*, 199.
- Adaskaveg, J., & Hartin, R. (2017). Characterization of *Colletotrichum acutatum* isolates causing anthracnose of almond and peach in California. *Phytopathology*.
- Admin. (2019). Nuestra flora. Obtenido de Tomate de Árbol: Nombre: Propiedades, Beneficios, y Más: <https://nuestraflora.com/c-arboles-frutales/tomate-de-arbol/>
- AGROCALIDAD. (2019). Agrocalidad certificó el primer envío de tomate de árbol hacia Estados Unidos. Obtenido de <https://www.agrocalidad.gob.ec/tomate-de-arbol/#:~:text=El%20cultivo%20de%20tomate%20de,%2C%20Chimbo,razo%2C%20Azuay%20y%20Loja.>
- Aguilar. (2016). Respuesta de tres cultivares de rosal (*Rosa* sp) variedades Samantha, Cristaline y Peach, a la multiplicación y enraizamiento de brotes In vitro en diferentes proporciones de Auxinas - Citocininas. Obtenido de <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/011849.pdf>
- Albornoz, G. (2017). Normas para el cultivo de tomate de árbol en el Ecuador. Quito: Universidad Central del Ecuador. Escuela de Ingeniería Agronómica.
- Alcantara. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Alvarado, & Pérez. (2019). Contaminación microbiana en el cultivo in vitro de plantas; Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología.

- Aula virtual. (2016). Medios de cultivo.  
<https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/41270/modresource/content/2/1tpmediosdecultivo1.pdf>
- Barrera, V. (2021). Optimización de medios de cultivo para la obtención de plántulas in vitro de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) a partir de semillas y explantes. Obtenido de Bachelor's thesis.
- Bioplan. (2019). Biotecnología Vegetal. Bioplan In Vitro.
- Biotecnología, C. D. (2023). ¿Qué es la Biotecnología Vegetal? Centro de Biotecnología.
- Blogspot. (2017). Cultivos de tejidos vegetales. Obtenido de Historia de los Cultivos de Tejidos Vegetales. Recuperado en web:  
<http://cultivodetejidosvegetalesupn.blogspot.com/2017/05/historiadeloscultivosdetejidos.html>
- Bohs, L. (2018). Transfer of *Cyphomandra* (solanaceae) and its species to *Solanum*. *Taxón* 44:583-587.
- Camara de Comercio de Bogotá. (2015). Tomate de árbol. Manual de tomate de árbol. Programa de apoyo agrícola y agroindustrial. Bogotá, Colombia.
- CANNA. (2020). Reguladores del crecimiento vegetal.
- Castillo, Á. (2017). Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo.
- CENTA. (2018). Laboratorio de Biotecnología. Plantas producidas in vitro. Obtenido de página web:  
<http://www.centa.gob.sv/upload/laboratorios/biotecnologia/2018/Reguladores%2>



- Cevallos, G. (2014). Manejo Técnico del Tomate de árbol. Quito: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estación experimental Tumbaco. Programa de fruticultura.
- Coloma, V. (2015). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia Bolívar. Guaranda.
- Comisión Económica para América Latina. (2015). Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2015-2016. Obtenido de CEPAL:  
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/39023-perspectivas-la-agricultura-desarrollo-rural-america-mirada-america-latina>
- Corona, J. (2020). Las citoquininas: herramienta para incrementar la productividad de ornamentales. Obtenido de Metroflor-agro:  
<https://www.metroflorcolombia.com/lascitocininherramientaparaincrementar-la-productividad-de-ornamentales>
- Criollo, H. (2016). Regeneración in vitro de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*). Index, 253.
- Criollo, H., Insuasti, K., & Delgado, W. (2016). In vitro regeneration of tamarillo *Solanum betaceum* (Cav.). CIENCIAS HORTÍCOLAS, 10.
- Cuestas, T. (2018). Universidad Estatal de Bolívar. Evaluación de plántulas de mora de castilla (*Rubus glaucus* beth) propagadas mediante multiplicación in vitro utilizando dos tipos de citoquininas en tres dosis. Pág.: 28-29. Ecuador - Guaranda.
- Diferencias. (2017). Obtenido de Tomate de árbol común:  
<https://www.diferencias.cc/tomate-comun-tomate-de-arbol/>
- Erig, A. (2017). Factores que afectan la Multiplicación in vitro de Mirtilo. Scientia Agraria.

- Espinosa, J. (2019). Potencial De Propagación in vitro para el Tomate de Árbol Partenocárpico. Scielo, 3.
- Espinoza, G. (2020). Cultivo in vitro en plantas, finalidad, elementos, beneficios y desventajas. Animales y Biología.
- Etecé. (2020). Concepto. Obtenido de Biotecnología:  
<https://concepto.de/biotecnologia/>
- FAO. (2018). Frutales andinos: tomate de árbol. Obtenido de:  
<http://www.fao.org/tempref/gi/reserved/ftpfaorlc/old/>
- Feicán, C. (2016). Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol. Revista Agrociencias, 78-86.
- Feicán, C., Encalada, C., & Becerril, A. (2016). Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). Agroproductividad, 9.
- García, L. (2021). Biotecnología Vegetal Fundamentos y Aplicaciones. Obtenido de Editorial Universidad de Granada:  
<https://editorial.ugr.es/media/ugr/files/sample-137235.pdf>
- Gómez, I., & Trujillo, O. (2019). Tomate de árbol *Cyphomandra betacea*. Obtenido de fichas de propagación de árboles clave para la restauración. Obtenido:  
<https://revivemx.org/Recursos/Fichaspropagacion/fichapropagacionf4cyphomandrabetaceatomatearbol.pdf>
- Hernández, H. (2019). Hacia el control de la contaminación por micropropagación. Informe Agricell,.
- INIA. (2016). Micropropagación de especies hortícolas: aplicaciones y oportunidades en frutilla y boniato. Obtenido de:  
<http://www.inia.uy/documentos/p%3%bablicos/inia%20salto%20grande/2016/20160504biotecnologia/0biotecnologiamario%20giambiasi.pdf>

- INIAP. (2018). El Cultivo de Tomate de Árbol. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias:  
<https://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/cultivo%20tomateecologico.pdf>.
- INIAP. (2022). Fortalecimiento de la investigación para mejorar la productividad y calidad de la naranjilla y tomate de árbol, en el Ecuador.
- Lazo. (2016). Respuesta de tres cultivares de rosal (*Rosa sp*) variedades Samantha, Cristaline y Peach, a la multiplicación y enraizamiento de brotes In vitro en diferentes proporciones de Auxinas-Citocininas. Obtenido de:  
<http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/011849.pdf>
- Ledin, B. (2015). Rubur trials in South Florida (en inglés). Florida State Horticultural Society. Sub- Tropical experiment Station. Pp. 272- 274.
- León, J., & Viteri, P. (2015). Generación y Difusión de alternativas tecnológicas para mejorar la productividad de Tomate de árbol y Babaco en la sierra ecuatoriana. Quito: INIAP – PROMSA.
- León, J., Viteri, P., & Cevallos, G. (2019). Manual del Cultivo de Tomate de Árbol, Manual # 61. Quito: Diseño e impresión Tecnigrava.
- Moreno, C., & Peñafiel, C. (2020). Cadena de valor en la red de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 14.
- Mosquera, J. (2020). Respuesta fisiológica del tomate de árbol (*Solanum betaceum*). 62-67. Palmira, Colombia.
- Nuñez, M. (2021). Optimización de medios de cultivo para la obtención de plántulas in vitro de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) A partir de semillas y explantes. Obtenido de Universidad Técnica de Ambato:  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32465/1/Tesis2752020Ingenier%C3%ada%20Agron%C3%b3mica%20%20Barrera%20NC3BAC3B1ez%20Marcelo%20Inicio.pdf>

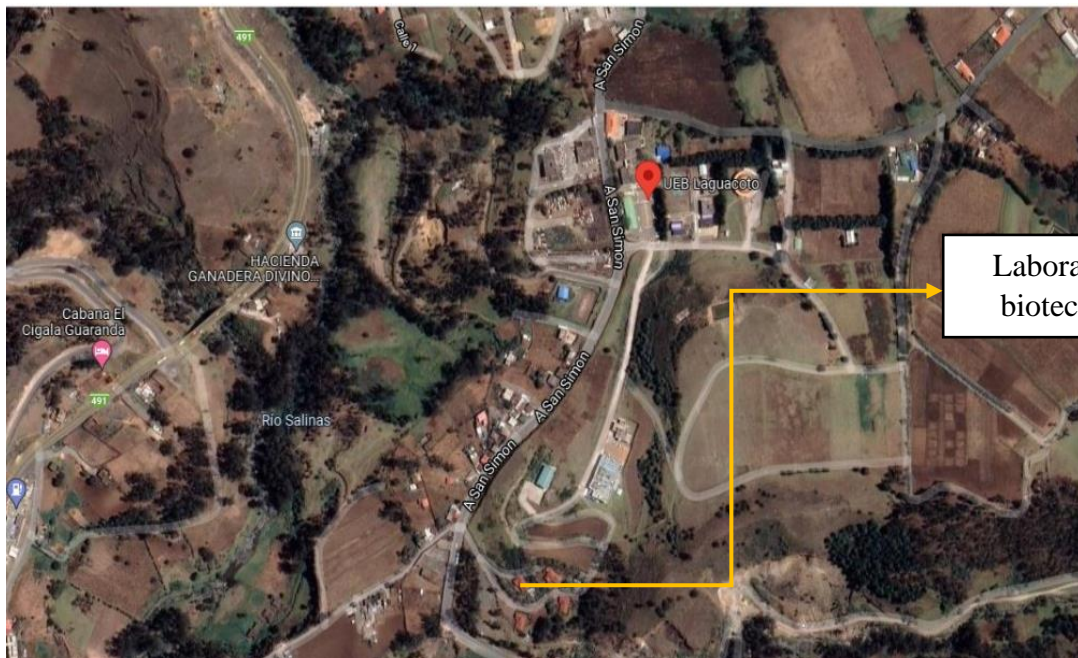
- Obando, J. (2017). Regenerative responses of *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt. (Tamarillo) cultivated in vitro. *Acta Horticulturae*, 560.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). Frutales andinos: tomate de árbol. Obtenido de FAO, Roma, ITA, web: <http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/ftpfaorlc/old/prior/segalim/prodlim/prodveg/cdrom/contenido/libro10/cap034.htm>
- Orqueda, M., Torres, S., Zampini, I., Cattaneo, F., Di Pardo, A., Valle, E., & Isla, M. (2020). Integral use of Argentinean *Solanum betaceum* red fruits as functional food ingredient to prevent metabolic syndrome: effect of in vitro simulated gastroduodenal digestion. *Heliyon*, 6(2).
- Pazmiño. (2017). Micro propagación in vitro de plantas de tomate de árbol silvestre (*Solanum* sp.) Con dos tipos de fitorreguladores, aplicados en tres dosis. Obtenido de Universidad Estatal De Bolívar. Carrera de ingeniería agronómica: <https://www.dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/1833/1/proyecto%20de%20investigaci%3%93n%20tomate%20de%20arbol%20silvestre%20a%20lvaro%20xavier%20pazmi%3%91o%202017.pdf>
- PDOT BOLÍVAR. (2012). Obtenido de Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Bolivar.
- Peláez, J. (2014). Embriogénesis somática en *Epidendrum ruizianum*. Trabajo de grado: biólogo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad Ciencias. Departamento de Biología. Bogotá.
- Perea, M. (2018). Cultivo de Tejidos in vitro. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Pág.: 12-22. Bogotá - Colombia.
- Pérez. (2018). Propagación y Mejora Genética de Plantas por Biotecnología Ed.
- PROCISUR. (2018). Tomate de árbol. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA, 3.

- Ramos, D. & Rea, T. (2022). Establecimiento de un protocolo de propagación in vitro a partir de explantes apicales de tomate de árbol (*Solanum betaceum*), en el Cantón Cevallos. Obtenido de Bachelor's thesis, Ecuador: La Mana: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- Rathore, M., Yadav, S., Yadav, P., Kheni, J., & Jha, B. (2015). Micropropagation of elite genotype of *Jatropha curcas* L. Through enhanced axillary bud proliferation and ex vitro rooting. *Biomass and Bioenergy*, 83.
- Redsemillas. (s.f.). Tomate de Árbol Amarillo. Obtenido de Red de guardianes de semillas : <https://redsemillas.org/producto/tomate-de-arbol-amarillo/>
- Revelo, J. (2017). "El cultivo de tomate de árbol, Ecología del cultivo de tomate de árbol". Quito - Ecuador.
- Roca, W. (2013). Cultivo de tejidos en la agricultura: fundamentos y aplicaciones. (No. 151). Ciat.
- SAGARPA. (2017). Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales (CTV): Implementación y puesta en marcha. Obtenido de Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Obtenido de web: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/264918/reportedeproyecto1laboratorio.pdf>
- Semana. (2023). Tomate de árbol: estas son sus propiedades curativas. Obtenido de Vida moderna: <https://www.semana.com/vida-moderna/articulo/tomate-de-arbol-estas-son-sus-propiedades-curativas/202305/>
- Shahzad, R., Khan, A., Bilal, S., Asaf, S., & Lee, I. (2018). What is there in seeds? Vertically transmitted endophytic resources for sustainable improvement in plant growth. *Frontiers in Plant Science*, 9.
- Sigmaaldrich. (s.f.). Medio de cultivo de vegetal. laboratorio. Obtenido de Merck: <https://www.sigmaaldrich.com/EC/es/products/cellcultureandanalysis/cellculture-media-and-buffers/plant-culture-media>

- Suaréz, I. (2020). Cultivo de Tejidos Vegetales, Fondo Editorial Universidad de Córdoba, Cra. . Colombia : No. 77 - 305.
- Valle, R. (2021). Bdigital.zamorano. Obtenido de Proyecto Especial de Graduación. Efectos de los reguladores de crecimiento en la multiplicación in vitro de plátano (*Musa × paradisiaca* L.): Revisión de Literatura. Página web: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/alf1ebbba513460a9173-45a8466e3749/content>
- Villares, M., Sánchez, J., Viera, W., Soria, N., Sotomayor, A., Yanez, D., & Martínez, E. (2018). Caracterización morfológica de frutos de tomate de árbol (*solanum betaceum* cav.) de una población segregante. *Revista de Investigación Talentos*, 5(1).
- Yáñez, L. (2012). Establecimiento de protocolos de regeneración in vitro mediante cultivos de tejidos. Sangolqui.
- Zimmerman, D. &. (2017). *Micropropagation Technology and Application*.

# ANEXOS

## Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación





## **Anexo 2. Código de variables en estudio**

<b># VARIABLE</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
V1	DBL	Días a la brotación en el laboratorio
V2	NBE	Número de brotes por explante
V3	NHE	Número de hojas por brote
V4	AB	Altura de brotes
V5	TVM	Taza de velocidad de multiplicación
V6	PTC	Porcentaje de tubos contaminados



2	1	2	2	6	9	1	3	6	2	4	7	0,5	0,8	1,2	0	0,1
2	1	2	3	7	9	1	3	9	1	4	14	0,5	2,3	3,4	0	0,2
2	1	2	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0
2	1	3	1	9	8	1	2	4	1	3	5	1,1	2	2,8	0	0,1
2	1	3	2	10	20	0	3	6	0	3	6	0	2,1	5,2	0	0,1
2	1	3	3	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0
2	1	3	4	12	15	0	3	7	0	4	12	0	1,9	2,6	0	0,2
2	2	1	1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0
2	2	1	2	14	8	1	4	5	2	5	10	1,3	2,1	3,1	0	0,1
2	2	1	3	15	8	1	5	8	3	6	10	1,1	1,7	2,4	0	0,2
2	2	1	4	16	8	1	4	6	3	6	10	1,4	1,9	4,2	0	0,1
2	2	2	1	17	8	1	2	4	1	3	5	0,9	1,3	1,8	0	0,1
2	2	2	2	18	8	1	2	4	2	2	5	0,8	1,2	1,6	0	0,1
2	2	2	3	19	8	2	6	14	5	8	15	2	3,4	4,3	0	0,3
2	2	2	4	20	8	1	3	5	2	4	7	0,7	1,3	1,9	0	0,1
2	2	3	1	21	9	1	3	4	2	4	6	0,7	1,5	1,9	0	0,1
2	2	3	2	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0
2	2	3	3	23	8	1	5	8	2	6	11	1,4	2,2	3,1	0	0,2
2	2	3	4	24	9	1	4	6	2	5	9	0,8	2,1	2,9	0	0,1
3	1	1	1	1	9	1	4	9	3	8	10	1,2	2,5	3,5	0	0,2
3	1	1	2	2	8	1	4	6	4	6	9	0,8	1,5	2,3	0	0,1
3	1	1	3	3	9	1	2	6	2	4	7	0,7	1,4	2,3	0	0,1
3	1	1	4	4	8	1	3	6	3	5	9	0,9	1,3	2,2	0	0,1
3	1	2	1	5	15	0	2	5	0	3	6	0	0,9	1,3	0	0,1
3	1	2	2	6	20	0	2	5	0	3	5	0	0,6	0,9	0	0,1
3	1	2	3	7	9	1	4	11	3	6	13	1	1,6	4,2	0	0,2
3	1	2	4	8	8	1	1	2	1	3	6	1,1	1,8	2,1	0	0,0
3	1	3	1	9	15	0	1	3	0	2	5	0	1,5	2,6	0	0,1
3	1	3	2	10	9	1	5	10	2	6	12	1	1,7	2,7	0	0,2
3	1	3	3	11	8	1	3	5	4	6	9	1,2	1,8	2,4	0	0,1
3	1	3	4	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0
3	2	1	1	13	8	1	3	5	3	5	7	1,2	1,9	2,3	0	0,1

3	2	1	2	14	8	1	4	5	2	5	8	1,1	2	2,6	0	0,1
3	2	1	3	15	8	1	5	6	3	6	9	1,2	1,6	2,1	0	0,1
3	2	1	4	16	8	1	3	5	1	4	7	1	1,3	1,9	0	0,1
3	2	2	1	17	9	1	3	5	1	4	6	0,5	1	1,4	0	0,1
3	2	2	2	18	8	1	3	5	4	5	8	1,2	1,9	2,5	0	0,1
3	2	2	3	19	8	1	4	6	3	5	10	0,9	1,5	2	0	0,1
3	2	2	4	20	8	1	4	6	2	5	8	1,5	2,4	2,9	0	0,1
3	2	3	1	21	15	0	1	3	0	3	5	0	0,7	1,2	0	0,1
3	2	3	2	22	15	1	1	4	0	2	5	0	0,7	1	0	0,1
3	2	3	3	23	15	0	1	3	0	2	5	0	0,8	1,1	0	0,1
3	2	3	4	24	9	1	4	6	2	5	11	0,9	1,9	3,4	0	0,1

## Anexo 4. Evidencias de la Investigación

### Selección de plantas de tomate de árbol

Provincia de Pichincha "Tomate amarillo"



Provincia de Tungurahua "Tomate rojo morado"



Recolección del material vegetativo (Varetas de 5 a 10 cm)



Tubos con medio de cultivo esterilizado



Selección de brotes, eliminación de hojas y lavado



Desinfección de los brotes

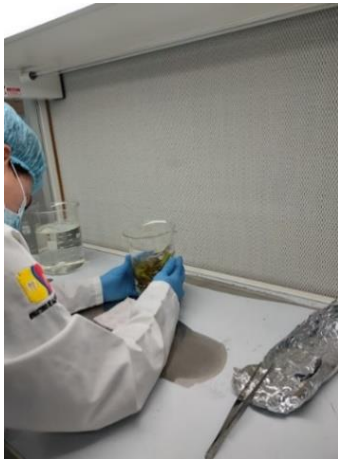




Aplicación de fungicida



Desinfección del material vegetal dentro de la cámara de flujo laminar



Introducción de brotes al medio de cultivo



Ubicación de los tratamientos con su respectiva rotulación y letrero



Visita de los miembros del tribunal en el laboratorio





**Variables evaluadas**

Días a la brotación en el laboratorio (DBL)



Número de brotes por explante (NBE)



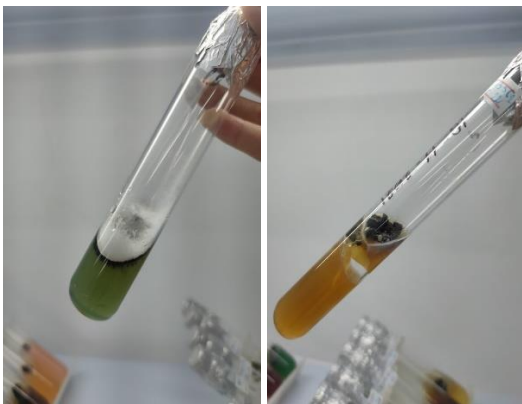
Número de hojas por explante (NHE)



Altura de brotes (AB)



Porcentaje de tubos contaminados (PTC)



Muestra de los mejores tratamientos



## **Anexo 5. Glosario de términos**

**Alógama:** Planta cuyos óvulos se fecundan con el polen procedente de otra flor.

**Ácido gamma aminobutírico:** Es un aminoácido no proteico que se encuentra en altas concentraciones en el sistema nervioso central de los mamíferos; su función principal es actuar como un neurotransmisor inhibitorio.

**Ácido mevalónico:** Es precursor de diversos compuestos de gran importancia biológica, como el colesterol, la ubiquinona, el hemo A y el dolicol.

**ADN cloroplástico:** Es el material genético de los cloroplastos, los orgánulos citoplasmáticos característicos de los organismos autótrofos fotosintéticos, tales como las plantas y las algas verdes.

**Agar:** Agente gelificante que se utiliza para la preparación de un medio de cultivo.

**Antioxidantes:** Son compuestos naturales o sintéticos capaces de prevenir o retardar el daño oxidativo, al contrarrestar radicales libres en biomoléculas expuestas a este tipo de estrés.

**Aséptico:** Agente o sustancia que destruye gérmenes patógenos. Conjunto de procedimientos que impiden la llegada de microorganismos a una cosa o lugar.

**Autoclave:** Contenedor de presión metálico que soporta alta presión para realizar una esterilización con vapor de agua, el agua en la autoclave puede alcanzar temperaturas superiores a los 100 °C.

**Baya:** Es el tipo más común de fruto carnoso simple, en el cual la pared entera del ovario madura, generalmente, en un pericarpio carnoso y comestible.

**Baya elíptica:** Fruto carnoso, indehisciente y polispermo; presenta el epicarpio delgado, y el mesocarpio y endocarpio carnosos.

**Bélico:** Se utiliza como adjetivo calificativo que tiene como función designar a todos aquellos fenómenos, eventos, objetos o formas de actuar que se vinculen con el acto de la guerra, enfrentamientos armados, conflictos, etc.

**Bioactivos:** Son aquellos que aportan un beneficio para la salud a pesar de no ser considerados nutrientes y esenciales para la vida. Eso sí, entre sus funciones

destacan la prevención de enfermedades cardiovasculares, los efectos antimicrobianos y su utilidad para evitar enfermedades.

**Biosíntesis:** Es un proceso de múltiples pasos, catalizado por enzimas, en el que los sustratos se convierten en productos más complejos en los organismos vivos. En la biosíntesis, los compuestos simples se modifican, se convierten en otros compuestos o se unen para formar macromoléculas.

**Bioteología:** Área multidisciplinaria, que utiliza la biología, química y diferentes procesos, con enorme aplicación en agricultura, la farmacia y la medicina.

**Cámara de flujo laminar:** Es un espacio que utiliza una ventilación para coaccionar el paso de aire a través de un filtro y proveer un aire limpio a la zona de trabajo para que se encuentre siempre libre de partículas.

**Catalizador:** Es una sustancia, simple o compuesta, que aumenta o reduce la velocidad de una reacción química, este proceso se llama catálisis.

**Citoquinina:** Hormona vegetal que impulsan la división y la diferenciación celular.

**Citroemulsión:** Es un insecticida ecológico biorracional que protege las plantas.

**Clones:** Conjunto de células u organismos, genéticamente idénticos, originado por reproducción asexual a partir de una única celular o por división artificial de estados embrionarios iniciales.

**Drenaje:** El drenaje es la eliminación natural o artificial del agua superficial y del agua subterránea de un área con exceso de agua.

**Ecotipo:** Subpoblación genéticamente diferenciada que está definido a un entorno específico, un medio particular o un ecosistema bien definido, con límites de tolerancia a los factores medioambientales.

**Elongación:** Ocurre en dos fases una primera fase de toma osmótica de agua a través de la membrana plasmática y una segunda fase en la que se produce la extensión de la pared celular. Por tanto, el crecimiento de las células vegetales es un equilibrio entre fuerzas de empuje y reacción.

**Embriogénesis somática:** También denominada embriogénesis asexual o adventicia, consiste en el desarrollo de embriones a partir de células que no son el producto de una fusión de gametos durante la fecundación.

**Endófitos:** Quiere decir «dentro de la planta» y se ha usado para referirse a distintos organismos que viven dentro de una planta sin que importara la relación que guardan con ella.

**Epidermis:** Membrana epitelial constituida por una única capa de células desprovistas de clorofila y que pueden ser planas, poliédricas o con contornos sinuosos.

**Epifitos:** Se refiere a cualquier planta que crece sobre otro vegetal u objeto usándolo solamente como soporte, pero que no lo parasita nutricionalmente.

**Escorpioidea:** Semejante a la cola de un escorpión por su forma.

**Esterilización:** Destrucción de todas las formas de vida microscópicas, incluidos virus y esporas.

**Explante:** Se define como cualquier parte vegetal que separado de la planta madre sirve para iniciar un cultivo de tejidos.

**Fasciculado:** Agrupado desde un mismo punto en las hojas de las Angiospermas, formando como manojos, según se puede observar en las ramitas incipientes de muchas plantas.

**Fermentar:** Degradación biológica de compuestos orgánicos a compuestos más sencillos, generalmente en ausencia de oxígeno, como la fermentación alcohólica, láctica o acética.

**Fotoperiodo:** Implica la influencia de las variaciones diurnas de luz y los períodos de oscuridad sobre el desarrollo de las plantas. En las de día corto, la floración tiene lugar en respuesta a periodos largos de oscuridad y cortos de luz.

**Fitorregulador:** Producto que ayuda a regular el crecimiento de las plantas, árboles o arbustos que generalmente se trata de hormonas vegetales también conocidas

como fitohormonas, y una de sus principales funciones son estimular el desarrollo de las raíces y las partes aéreas.

**Fluorométricas:** Es un instrumento para medir fluorescencia y fenómenos relacionados como la intensidad de la radiación.

**Genotipos:** Colección de genes de un individuo. Se manifiesta en el momento que la información encriptado en el ADN de los genes se puede utilizar para elaborar proteínas y moléculas de ARN.

**Gregarias:** En botánica, califica de gregarias las plantas de una asociación que, son ser predominantes, viven en grupos más o menos compactos.

**Hortofrutícola:** Son alimentos básicos en la dieta humana, pero tienen el inconveniente de ser perecederos, bien por causas endógenas (reacciones enzimáticas) o bien por causas exógenas (agentes físico-químicos)

**Inhibidores:** Sustancia del metabolismo vegetal que inhibe o retrasa el crecimiento de las plantas. En general los inhibidores naturales son derivados de las lactonas o sustancias orgánicas aromáticas.

**Invernáculo:** Es una construcción destinada a resguardar los cultivos de plantas hortícolas, frutícolas, ornamentales o cualesquiera otras, en condiciones más favorables o más seguras que al aire libre.

**Lenticular:** Con forma de lenteja.

**Lenticelas:** Son formaciones con función respiratoria con forma de aberturas lenticulares, que se encuentran en la superficie de tallos, raíces y, más raramente pecíolos y frutos, de muchas plantas gimnospermas y dicotiledóneas.

**Lípidos:** Son conjuntos de moléculas orgánicas constituidas primordialmente por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno (en menor medida), y otros elementos como nitrógeno, fósforo y azufre.

**Lisina:** Implicadas en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Potencia la síntesis de clorofila y, junto con otros aminoácidos (prolina, glutamato y metionina) resulta imprescindible para la germinación del polen y la elongación del tubo polínico.

**Medios bicápicos:** Se conforma por una capa de medio semisólido en la parte inferior, y una capa de medio líquido en la parte superior, proveyendo características de ambos estados.

**Medios de cultivo:** Son formulaciones de composición conocida y controlada, de modo de lograr resultados reproducibles en cualquier época y lugar.

**Microbiana:** Bacterias como *Paenibacillus* y *Bacillus* incrementan el nitrógeno en el suelo transformando el nitrógeno del aire, mientras que hongos como *Penicillium* incrementan la disponibilidad de fósforo. Otras bacterias pueden sintetizar y degradar los reguladores del crecimiento vegetal (fitohormonas).

**Morfogénesis:** Se emplea con referencia al proceso que atraviesa un organismo para adoptar su forma.

**Mucílago:** Tipo de polisacárido viscoso que segregan algunas plantas. Posee propiedades naturales que son útiles para la producción de adhesivos.

**Nematodos:** Son gusanos microscópicos no segmentados que constituyen el grupo más abundante de animales multicelulares en la tierra, ocupando la mayoría de hábitats.

**Oligoelementos:** Son sustancias químicas primordiales para el buen funcionamiento del organismo y que intervienen en el metabolismo.

**Organolépticas:** Son todas aquellas descripciones de las características físicas que tiene la materia en general, según las pueden percibir los sentidos, por ejemplo, su sabor, textura, olor, color.

**Oscilar:** Moverse alternativamente (un cuerpo) primero hacia un lado y luego hacia el contrario desde una posición de equilibrio determinada por un punto fijo o un eje.

**Partenocárpico:** Es una forma natural o artificial de producir frutos sin fertilización de los óvulos y por consiguiente sin semillas.

**Patógeno:** Es toda aquella entidad biológica capaz de provocar una enfermedad infecciosa en un huésped.

**Planta diploide:** Se refiere a la presencia de dos conjuntos completos de cromosomas en las células de un organismo, donde cada progenitor aporta un cromosoma a cada par.

**Pediceladas:** Se insertan directamente en su eje.

**Pentámeras:** Estructura o verticilo formado por 5 piezas, o de la flor compuesta de corola y de cáliz integrados por 5 pétalos y 5 sépalos respectivamente.

**Proliferación:** Es el crecimiento o multiplicación de células de tejidos.

**Propagación in vitro:** Trabajar con segmentos de hojas, tallos y raíces, en la parte interior de un frasco de cristal en un medio artificial.

**Proteasas:** Son enzimas que rompen los enlaces peptídicos de las proteínas. Para ello, utilizan una molécula de agua (mediante hidrólisis).

**Protoplastos:** Las células bacterianas a las que se ha desprovisto totalmente de pared celular, mientras que esferoplastos son aquellas células bacterianas que poseen restos de pared.

**Polisacáridos:** Son polímeros cuyos constituyentes (sus monómeros) son monosacáridos, los cuales se unen repetitivamente mediante enlaces glucosídicos.

**Porta injertos:** Planta, arbusto o un árbol que recibe el injerto y estimula posteriormente la formación de raíces con las que provee la nutrición mineral debido a la asociación patrón - variedad.

**Pubescentes:** Con pelos finos y cortos.

**Reactivos:** Sustancias que interaccionan con otras en una reacción química con características y conformaciones distintas, llamadas productos de reacción o simplemente productos.

**Rezagos:** Es un término que puede utilizarse para nombrar un retraso o un aplazamiento de las plantas.

**Rosmarínico:** Ácido que se muestra en los antoceros, en la familia de los helechos *Blechnaceae* y en especies de varios órdenes de angiospermas mono y dicotiledóneas.

**Sinérgico:** Acción de dos o más factores que modifican a un fenómeno con mayor efecto que si actuaran por separado o sumados sus efectos. En biología, acción de cooperar dos o más órganos o estructuras anatómicas para una función común.

**Sistema Radicular:** Es el encargado de satisfacer diferentes requerimientos, como su anclaje en el sustrato, la adquisición y el transporte de los recursos del suelo (agua y nutrientes esenciales), y el almacenamiento de los mismos.

**Solución de Knop:** Una solución nutritiva utilizada en experimentos de crecimiento con plantas superiores y que contiene proporciones definidas de nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de magnesio, fosfato de potasio monobásico y cloruro de potasio disuelto en agua.

**Tallo Cilíndrico:** Es un órgano cilíndrico que posee puntos engrosados –nudos– sobre los que se desarrollan las hojas. A la porción de tallo situada entre dos nudos consecutivos se le denomina entrenudo.

**Tinglado:** Es típicamente una estructura simple, de una sola planta en un jardín o en una adjudicación que se utiliza para almacenamiento, aficiones, o como un taller.

**Totipotencia Celular:** También conocidas como células madre vegetales. Estas células poseen unas excelentes propiedades regenerativas, ya que, a partir de una sola de ellas, se puede reconstruir una planta entera.

**Versátil:** Se refiere a la capacidad de algo o alguien para adaptarse rápida y fácilmente a diferentes situaciones.

**Viroides:** Son los agentes infecciosos de menor complejidad genética y estructural conocidos y representan una forma extrema de parasitismo.

**Vitrificación:** Es el proceso de conversión de un material en un sólido amorfo similar al vidrio, carente de toda estructura cristalina

**Vitropatógeno:** Ha sido usado para aquellos organismos que no son necesariamente patógenos para las plantas en el campo.