



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

CARRERA DE AGRONOMÍA

TEMA:

EVALUACIÓN DE EXPLANTES DE TECA (*Tectona grandis*)
MEDIANTE PROPAGACIÓN IN VITRO CON DOS CITOQUININAS Y
AUXINAS EN TRES DOSIS.

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, carrera de Agronomía.

AUTORA:

VERONICA PATRICIA MONTOYA FERNANDEZ

DIRECTORA:

ING. SONIA FIERRO BORJA Mg.

GUARANDA – ECUADOR

2024

EVALUACIÓN DE EXPLANTES DE TECA (*Tectona grandis*)
MEDIANTE PROPAGACIÓN IN VITRO CON DOS CITOQUININAS Y
AUXINAS EN TRES DOSIS.

REVISADO Y APROBADO POR:



ING. SONIA FIERRO BORJA Mg.

DIRECTORA



ING. KLEBER ESPINOZA MORA Mg.

BIOMETRISTA



ING. NELSON MONAR GAVILÁNEZ MSc.

ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA

CERTIFICADO DE AUTORÍA

Yo, Verónica Patricia Montoya Fernández con CI 0954587531, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

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



.....
VERÓNICA PATRICIA MONTOYA FERNÁNDEZ

AUTORA

CI: 0954587531



.....
ING. SONIA FIERRO BORJA Mg.

DIRECTORA

CI: 0201084712



.....
ING. KLEBER ESPINOZA MORA Mg.

BIOMETRISTA

CI: 0200989630



.....
ING. NELSON MONAR GAVILÁNEZ MSc.

REDACCIÓN TÉCNICA

CI: 0201089836



DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRIÓN
Notaria Cuarta del Cantón Guaranda.

ESCRITURA N° 20240201004P01124

DECLARACIÓN JURAMENTADA

OTORGA:
VERÓNICA PATRICIA MONTOYA FERNÁNDEZ

CUANTÍA: INDETERMINADA.

Di 2 COPIA.

G.C.

En el Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar, República del Ecuador, hoy jueves a los siete días del mes de noviembre del año dos mil veinticuatro, ante mí **DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRIÓN, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA** comparece con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, la señorita **VERÓNICA PATRICIA MONTOYA FERNÁNDEZ**, de estado civil soltera, por sus propios y personales derechos. La compareciente declara ser de nacionalidad ecuatoriana, mayor de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación estudiante, domiciliada en la parroquia Sabaneta, cantón Montalvo, provincia Los Ríos y de paso por este cantón Guaranda, provincia Bolívar, con celular número cero nueve ocho cero tres cinco tres uno siete dos; y, con correo electrónico **veronicamontoya199@gmail.com**, hábil en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quien de conocer doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación, en base a la cual obtengo la certificación de datos biométricos del Registro Civil, mismo que agregó a esta escritura como documentos habilitantes, además por petición de la compareciente agregó los documentos personales como son las cedula y papeleta de votación. Advertida la compareciente por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinada que fue en forma aislada y separada de que comparece al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción, así como de la obligación de decir la verdad y concedora de las penas de perjurio declara: Yo, **VERÓNICA PATRICIA MONTOYA FERNÁNDEZ**, de estado civil soltera, portadora de la cedula de ciudadanía números cero nueve cinco cuatro cinco ocho siete cinco tres uno, declaro bajo juramento que: los criterios e ideas emitidos en el presente trabajo de investigación titulado **"EVALUACIÓN DE EXPLANTES DE TECA (*Tectona grandis*) MEDIANTE PROPAGACIÓN IN VITRO CON DOS CITOQUININAS Y AUXINAS EN TRES DOSIS"**. Declaro que el presente trabajo es de mi autoría; 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 Normativa Institucional vigente. En el proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente.- Para la celebración y otorgamiento de la presente escritura se observaron los preceptos de ley que el caso requiere; y, leída que le fue a la compareciente íntegramente por mí la Notaria, aquella se afirma y ratifica en todas sus partes y firma junto conmigo en unidad de acto, incorporándose al protocolo de esta Notaria, la presente declaración juramentada, de todo lo cual doy Fe.-----


SRTA. VERÓNICA PATRICIA MONTOYA FERNÁNDEZ.
C.C. 095458753 L


DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRIÓN
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA



TESIS VERONICA PATRICIA MONTOYA FERNANDEZ

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 10% | 11% | 0% | 6% |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|--------------------------|------------|
| 1 | dspace.ueb.edu.ec | 10% |
| | Fuente de Internet | |

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 4%


Ing. Sonia Fierro Borja Mg.
TUTORA



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: VÍCTOR ALEJANDRO BÓSQUEZ BARCENES
Título del ejercicio: 29
Título de la entrega: TESIS VERONICA PATRICIA MONTOYA FERNANDEZ
Nombre del archivo: TESIS_VERONICA_MONTOYA.pdf
Tamaño del archivo: 1.42M
Total páginas: 108
Total de palabras: 21,383
Total de caracteres: 106,265
Fecha de entrega: 07-nov.-2024 10:22a. m. (UTC-0600)
Identificador de la entrega... 2511658825


UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS
NATURALES Y DEL AMBIENTE.
CARRERA DE AGRONOMÍA

TEMA:
EVALUACIÓN DE EXPLANTES DE TEUCA (*Pectus grande* L.)
MEDIANTE PROPAGACIÓN IN VITRO CON DOS CITOQUININAS Y
AUXINAS EN TRES DOSIS.

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniera
Agrónoma, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente,
carrera de Agronomía.

AUTORA:
VERONICA PATRICIA MONTOYA FERNANDEZ

DIRECTORA:
ING. SONIA FIERRO BORJA Mg.

GUARANDA - ECUADOR
2024


Ing. Sonia Fierro Borja Mg.
TUTORA

DEDICATORIA

Primeramente, doy gracias a Dios por darme salud, vida y valentía para cada acción realizada en todo mi trayecto de vida personal y ahora profesional, donde veo plasmado todo el esfuerzo y sacrificio de mis padres Yadira Fernández y Edison Montoya; gracias a ellos que me han enseñado que los sueños si se cumplen con su ayuda que fue fundamental en este proceso, ellos quienes con su ejemplo me han llevado por el camino del bien.

A mi hermana Genesis Montoya y a mi esposo Byron Vistin quienes han estado en este largo camino y han sido parte de este proceso quienes con sus palabras de aliento no me dejaron decaer. A mi hijo Neythan Vistin quien me dio todas las fuerzas necesarias para seguir al pie de lucha para poder cumplir con mi objetivo, muchas gracias por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, en especial a la carrera de Agronomía y a sus docentes por haber brindado todos sus conocimientos para nuestra formación profesional.

De manera especial a mi directora del proyecto Ing. Sonia Fierro por brindarme su apoyo incondicional en la realización de este proyecto de titulación.

De la misma manera a los miembros del tribunal Ing. Kleber Espinoza (Biometrista), Ing. Nelson Monar (Área de Redacción) quienes fueron designados para mi proyecto de investigación con su esfuerzo y dedicación estuvieron prestos para ayudarme con sus conocimientos en la planificación, ejecución y sistematización de esta investigación.

Al laboratorio de Biotecnología agrícola, por el financiamiento otorgado para la realización del proyecto, especialmente al Ing. Víctor Cortez quien estuvo presto a brindarme sus conocimientos y apoyo incondicional para llevar a cabo esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| CONTENIDO | PÁG. |
|---|------|
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. PROBLEMA | 3 |
| III. MARCO TEÓRICO | 4 |
| 3.1 Generalidades | 4 |
| 3.2 Origen | 4 |
| 3.3 Clasificación taxonómica..... | 4 |
| 3.4 Características botánicas..... | 5 |
| 3.4.1 Árbol..... | 5 |
| 3.4.2 Tronco | 5 |
| 3.4.3 Corteza | 5 |
| 3.4.4 Olor..... | 5 |
| 3.4.5 Hojas..... | 5 |
| 3.4.6 Inflorescencia | 5 |
| 3.4.7 Flores | 5 |
| 3.4.8 Fruto | 6 |
| 3.4.9 Semillas | 6 |
| 3.4.10 Sistema radicular | 6 |
| 3.4.11 Requerimientos edáfo-climaticos..... | 6 |
| 3.5 Reproducción de teca..... | 7 |
| 3.5.1 Reproducción asexual..... | 7 |
| 3.5.2 Clon | 8 |
| 3.6 Plagas y enfermedades..... | 8 |
| 3.6.1 Plagas | 8 |
| 3.6.2 Enfermedades | 10 |
| 3.7 Micropropagación in vitro..... | 14 |
| 3.8 Medios de cultivo para la propagación in vitro..... | 12 |
| 3.8.1 Sales minerales MS (Murashige y Skoog, 1962) en (mg/l) | 12 |
| 3.8.2 Micronutrientes en mg/l..... | 12 |
| 3.8.3 Vitaminas en mg/l..... | 13 |
| 3.8.4 Gelificante en g/l..... | 13 |
| 3.8.5 Elaboración de soluciones madre del medio de cultivo Murashige y Skoog 13 | |

| | |
|--|----|
| 3.8.6 Fitorreguladores..... | 13 |
| 3.8.7 Citoquininas | 13 |
| 3.8.8 Kinetina | 14 |
| 3.8.9 Bencil amino purina | 14 |
| 3.8.10 Auxinas..... | 15 |
| 3.8.11 Ácido IndolButírico..... | 15 |
| 3.8.12 Ácido Naftalenacético (ANA)..... | 16 |
| IV. MARCO METODOLÓGICO | 17 |
| 4.1 Materiales | 17 |
| 4.1.1 Localización de la investigación | 17 |
| 4.1.2 Situación geográfica y climática | 17 |
| 4.1.3 Zona de vida | 17 |
| 4.1.4 Material experimental..... | 17 |
| 4.1.5 Materiales de campo..... | 18 |
| 4.1.6 Materiales de oficina | 18 |
| 4.1.7 Material de laboratorio | 18 |
| 4.1.8 Equipo de laboratorio | 18 |
| 4.1.9 Reactivos | 19 |
| 4.1.10 Desinfectantes | 19 |
| 4.2 Métodos | 19 |
| 4.2.1 Factores de estudio | 19 |
| 4.2.2 Tratamientos..... | 20 |
| 4.2.3 Tipo de diseño experimental | 20 |
| 4.2.4 Procedimiento..... | 20 |
| 4.2.5 Tipo de análisis..... | 21 |
| 4.3 Métodos de evaluación y datos tomados | 21 |
| 4.3.1 Días a la brotación (DB)..... | 21 |
| 4.3.2 Número de brotes por explante (NBE)..... | 21 |
| 4.3.3 Longitud de los brotes (LB) | 21 |
| 4.3.4 Número de hojas por brote (NHB)..... | 22 |
| 4.3.5 Altura de brotes (AB)..... | 22 |
| 4.3.6 Tasa de velocidad de multiplicación (TVM)..... | 22 |
| 4.3.7 Número de explantes contaminados (NEC) | 22 |
| 4.4 Manejo del experimento | 22 |

| | |
|---|----|
| 4.4.1 Selección de planta madre | 22 |
| 4.4.2 Obtención de brotes..... | 23 |
| 4.4.3 Desinfección del material en el laboratorio..... | 23 |
| 4.4.4 Preparación del medio de cultivo | 23 |
| 4.4.5 Esterilización del medio de cultivo | 25 |
| 4.4.6 Introducción del material in vitro..... | 25 |
| 4.4.7 Transferencia del material vegetal | 25 |
| V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 26 |
| 5.1 Variables agronómicas (Factor A: Citoquininas y Auxinas) | 26 |
| 5.1.1 Número de brotes por explante (NBE)..... | 30 |
| 5.1.2 Número de hojas por brote (NHB)..... | 33 |
| 5.1.3 Altura de brotes (AB)..... | 36 |
| 5.1.4 Longitud de brotes (LB)..... | 38 |
| 5.2 Factor B (Dosis de Citoquininas y Auxinas)..... | 41 |
| 5.2.1 Número de brotes por explante (NBE)..... | 44 |
| 5.2.2 Número de hojas por brote (NHB)..... | 46 |
| 5.2.3 Altura de brote (AB) | 49 |
| 5.2.4 Longitud del brote (LB) | 52 |
| 5.3 Interacción de factores Tipo de Citoquininas y Auxinas por Dosis de Hormonas (A*B)..... | 55 |
| 5.4 Análisis de correlación y regresión lineal..... | 71 |
| VI. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS..... | 73 |
| VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 74 |
| 7.1 Conclusiones..... | 74 |
| 7.2 Recomendaciones | 75 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 76 |
| ANEXOS..... | 83 |

ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO | | PÁG |
|---------------|---|------------|
| N.1 | Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% de los explantes de teca en las variables: Número de frascos contaminados (NFC), Días a la brotación (DB) y Tasa de velocidad de multiplicación (TVM). | 26 |
| N.2 | Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% de los explantes de teca en la variable NBE a los 45 y 90 días. | 30 |
| N.3 | Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% de los explantes de teca en la variable NHB a los 45 y 90 días. | 33 |
| N.4 | Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% de los explantes de teca en la variable AB a los 45 y 90 días. | 36 |
| N.5 | Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% de los explantes de teca en la variable LB a los 45 y 90 días. | 38 |
| N.6 | Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de Factor B: dosis de hormonas en las variables DBL, TVM y NFC. | 41 |
| N.7 | Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del Factor B (Dosis de Citoquininas y Auxinas) en la variable NBE a los 45 y 90 días. | 44 |
| N.8 | Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del Factor B (Dosis de Citoquininas y Auxinas) en la variable NHB a los 45 y 90 días. | 46 |

| | | |
|------|---|----|
| N.9 | Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del Factor B (Dosis de Citoquininas y Auxinas) en la variable AB a los 45 y 90 días. | 49 |
| N.10 | Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del Factor B (Dosis de Citoquininas y Auxinas) en la variable LB a los 45 y 90 días. | 52 |
| N.11 | Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores Tipos de citoquininas y auxinas por dosis de hormonas (A*B) en las variables: Días a la brotación (DB), Tasa de velocidad de multiplicación (TVM) y Numero de frascos contaminados (NFC) | 55 |
| N.12 | Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores Tipos de hormonas por Dosis de citoquininas y Auxinas en a variable: Numero de brotes pos explantes (NBE) a los 45 y 90 días. | 60 |
| N.13 | Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores Tipos de hormonas por Dosis de citoquininas y Auxinas en a variable: Número de hojas por brote (NHB) a los 45 y 90 días. | 63 |
| N.14 | Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores Tipos de hormonas por Dosis de citoquininas y Auxinas en a variable: Altura de brote a los 45 y 90 días. | 66 |
| N.15 | Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores Tipos de hormonas por Dosis de citoquininas y Auxinas en a variable: Longitud de brote a los 45 y 90 días. | 69 |

N.16 Análisis de correlación y regresión lineal de las variables 71
independientes (X_s) que tuvieron una estrechez y asociación
significativa sobre la tasa de velocidad de multiplicación.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| GRÁFICO | | PÁG. |
|----------------|---|-------------|
| N.1 | Promedio del Factor A en las variables días a la brotación, tasa de velocidad de multiplicación y número de frascos contaminados. | 27 |
| N.2 | Promedios del Factor A en la variable Número de brotes por explante (NBE) 45 y 90 días. | 31 |
| N.3 | Promedios del Factor A en la variable número de hojas por brote a los 45 y 90 días. | 34 |
| N.4 | Promedios del Factor A en la variable altura del brote a los 45 y 90 días. | 37 |
| N.5 | Promedios del Factor A en la variable longitud de brote a los 45 y 90 días. | 39 |
| N.6 | Promedio del Factor B en las variables días a la brotación en laboratorio, tasa de velocidad de multiplicación y número de frascos contaminados. | 43 |
| N.7 | Promedio del Factor B en la variable número de brotes por explante a los 45 y 90 días. | 45 |
| N.8 | Promedio del Factor B en la variable número de hojas por brote a los 45 y 90 días. | 47 |
| N.9 | Promedio del Factor B en la variable altura del brote a los 45 y 90 días. | 50 |
| N.10 | Promedio del Factor B en la variable longitud del brote a los 45 y 90 días. | 53 |
| N.11 | Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar los tratamientos de la interacción de factores tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en la variable: Días a la brotación (DB). | 56 |

| | | |
|------|---|----|
| N.12 | Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar los tratamientos de la interacción de factores tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en la variable: Tasa de velocidad de multiplicación (TVM). | 57 |
| N.13 | Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar los tratamientos de la interacción de factores tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en la variable: Número de frascos contaminados (NFC). | 58 |
| N.14 | Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar los tratamientos de la interacción de factores tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en la variable: Número de brotes por explante a los 45 y 90 días. | 61 |
| N.15 | Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar los tratamientos de la interacción de factores tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en la variable: Número de hojas por brote a los 45 y 90 días | 64 |
| N.16 | Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar los tratamientos de la interacción de factores tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en la variable: Altura brote a los 45 y 90 días | 67 |
| N.17 | Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar los tratamientos de la interacción de factores tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en la variable: Longitud de brote a los 45 y 90 días. | 70 |

ÍNDICE DE ANEXO

- N.1 Ubicación del ensayo
- N.2 Base de datos
- N.3 Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación del ensayo
- N.4 Glosario de términos

RESUMEN

El tema de investigación abordado en este estudio fue la propagación in vitro mediante explantes de teca (*Tectona grandis*) con dos citoquininas y auxinas en tres dosis en el laboratorio de Biotecnología Campus Laguacoto. Los objetivos planteados fueron: a) Medir el efecto de la aplicación de dos tipos de hormonas sobre las características de las plántulas de teca. b) Identificar la dosis de citoquininas y auxinas más adecuada para un mayor desarrollo del explante. c) Determinar el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas de teca. Se aplicó el diseño completamente al azar con 12 tratamientos y tres repeticiones. En el factor A correspondió a tipos de hormonas: (Bencil Amino Purina, Kinetina, Ácido IndolButírico y Ácido Naftalenacético) en tres dosis (2,4 y 6 mg/l) e interacciones. Se evaluaron las principales variables del explante a los 45 y 90 días. Se realizaron análisis de varianza, prueba de Tukey, correlación y regresión lineal. No se detectaron diferencias estadísticas significativas para la mayoría de variables evaluadas como efecto de los tratamientos, quizás porque existió una alta variabilidad de los datos expresados a través del coeficiente de variación. Sin embargo, numéricamente la variable Días a la brotación en la hormona Bencil Amino Purina fue la más tardía en comparación con la hormona Ácido IndolButírico que fue el más precoz. La hormona Ácido Naftalenacético alcanzó una TVM de 0,03 explantes/día; 3 brotes/explante; 9 hojas/brote; una altura de 3,66 cm y una longitud de 1,63 cm. La hormona que presentó el mayor número de frascos contaminados fue el nivel A2 (Kinetina). La dosis 4 mg/l obtuvo un promedio de 3 brotes/explante; 11 hojas/brote; una altura de 3,75 cm y una longitud de 1,68 cm evaluado a los 90 días. En la interacción de A*B la mayor TVM de 0,04 explantes/días se dio en el tratamiento Ácido Naftalenacético en dosis de 4 mg/l, con 3 brotes/explante y una altura de 4,77 cm. En el tratamiento Kinetina en dosis de 4 mg/l se dio el mayor promedio con 12 hojas/brote a los 90 días. Referente a la variable longitud del brote con 1,90 cm percutió en el tratamiento Ácido IndolButírico en dosis de 6 mg/l. Los tratamientos fueron evaluados en un medio de cultivo MS con macro, micro nutrientes y vitaminas.

Palabras claves: Teca, Citoquininas, Auxinas, Explante, Propagación in vitro, Contaminación.

SUMMARY

The research topic addressed in this study was the in vitro propagation by means of teak explants (*Tectona grandis*) with two cytokinins and auxins in three doses in the Biotechnology Laboratory Campus Laguacoto. The objectives were: a) To measure the effect of the application of two types of hormones on the characteristics of teak seedlings. b) To identify the most appropriate dose of cytokinins and auxins for a greater development of the explant. c) To determine the effect of the treatments on the growth and development of teak seedlings. The completely randomized design was applied with 12 treatments and three repetitions. In factor A, the following types of hormones corresponded: (Benzyl Aminopurine, Kinetin, IndoleButyric Acid and Naphthaleneacetic Acid) in three doses (2,4 and 6 mg/l) and interactions. The main variables of the explant were evaluated at 45 and 90 days. Variance analysis, Tukey test, correlation and linear regression were performed. No significant statistical differences were detected for most of the variables evaluated as an effect of the treatments, perhaps because there was a high variability of the data expressed through the coefficient of variation. However, numerically the variable Days to sprouting in the Benzyl Amino Purine hormone was the latest compared to the Indole Butyric Acid hormone which was the earliest. The Naphthaleneacetic Acid hormone reached a TVM of 0,03 explants/day; 3 sprouts/explant; 9 leaves/sprout; a height of 3,66 cm and a length of 1,63 cm. The hormone that presented the highest number of contaminated flasks was level A2 (Kinetin). The 4 mg/l dose obtained an average of 3 sprouts/explant; 11 leaves/sprout; a height of 3,75 cm and a length of 1,68 cm evaluated at 90 days. In the interaction of A * B the highest TVM of 0,04 explants / day occurred in the Naphthaleneacetic Acid treatment at a dose of 4 mg / l, with 3 shoots / explant and a height of 4,77 cm. In the Kinetin treatment at a dose of 4 mg / l the highest average was given with 12 leaves / shoot at 90 days. Regarding the variable shoot length with 1,90 cm it impacted in the IndoleButyric Acid treatment at a dose of 6 mg / l. The treatments were evaluated in a MS culture medium with macro, micro nutrients and vitamins.

Keywords: Teak, Cytokinins, Auxins, Explant, In vitro propagation, Contamination.

I. INTRODUCCIÓN

La teca es un árbol altamente valorado por su durabilidad y resistencia, se lo utiliza generalmente en construcción de puentes, cubiertas, adornos, muebles finos, pisos, para exteriores, entre otros. Su madera es reconocida internacionalmente y es una de las más cotizadas en el mercado global. (Zamora, 2015)

La producción y exportación de teca en Ecuador es una actividad económica en pleno crecimiento, en comparación con otras de este sector. A partir del 2000, los beneficios que brinda la explotación de esta especie maderable han incentivado mayor inversión por parte de empresarios privados y organizaciones. (Castro, 2022)

La agricultura se ha caracterizado por ser el pilar fundamental de la economía ecuatoriana, por tres razones: no sólo aporta con un 9,24% al Producto Interno Bruto del país, además es crucial para la soberanía alimentaria que la constitución del Ecuador promueve y genera empleos abarcando el 26,8% de la población económicamente activa. (PEA)

La teca se ha consolidado en uno de los principales productores en las exportaciones ecuatorianas, abriendo camino a los demás productos no tradicionales. Este crecimiento ha permitido a la teca superar a otros productos no tradicionales, favorecido por los acuerdos comerciales con países de la Unión Europea y Asia.

De este modo, las exportaciones de teca ecuatoriana tienen como principal destino India con un 98% de participación del total exportado, pero “que sólo llega a cubrir un 3% de su demanda”. Por ello, “se puede asumir que Ecuador en cuanto a las exportaciones de teca, no alcanza a tener altos niveles de competitividad en mercados internacionales”. (Garay, 2020)

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP, 2019) ha indicado que el mercado de la teca en Ecuador está aumentando de manera importante el sector maderero del país, al convertirse en el año 2015 en el líder mundial de exportación de esta madera lo cual incrementa la economía y supone una opción para el cambio de la matriz productiva del país.

La productividad de la plantación de teca en la provincia de Los Ríos, depende de factores como las condiciones climáticas y al mantenimiento adecuado de los cultivos. Además, hay una creciente demanda por la teca y una disminución en sus provisiones, lo que ha llevado a un aumento de más del 17% en su precio anual, durante las dos últimas décadas. (Caballero, 2017)

La micropropagación in vitro de plantas forestales, es una técnica que permite propagar árboles seleccionados por sus características fenotípicas como: altura, rectitud de fuste, copa y alto rendimiento de madera. La micropropagación es que brinda la posibilidad de clonar árboles adultos de gran valor comercial, conservando la uniformidad genética y reduciendo los riesgos fitosanitarios, incluso para satisfacer la creciente demanda de material de siembra para mercados internacionales. (Polo et al., 2013)

Las auxinas son un tipo de fitohormonas especializadas en diferentes procesos a nivel vegetal. Los principales puntos de acción se encuentran a nivel celular, donde tienen la capacidad de dirigir e intervenir en los procesos de división, elongación y diferenciación celular. Dadas las funciones que posee esta hormona es considerada como un tipo de morfógeno capaz de inducir la diferenciación celular de órganos como raíces, tallos y hojas. (Acero et al., 2019)

Las citoquininas, son un grupo de hormonas vegetales (fitohormonas) que promueven la división y la diferenciación celular y además regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. (Antama, 2017)

Los objetivos planteados dentro de esta investigación fueron:

- ✓ Medir el efecto de la aplicación de dos tipos de hormonas sobre las características de las plántulas de teca.
- ✓ Identificar la dosis de citoquininas y auxinas más adecuada para un mayor desarrollo del explante.
- ✓ Determinar el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas de teca.

II. PROBLEMA

Uno de los principales problemas es el bajo porcentaje de germinación, debido a que el pericarpio de la semilla es grueso y duro, lo que dificulta su proceso de germinación. Esta situación se ha convertido en un problema significativo en el ámbito forestal, limitando la implementación de programas y proyectos de reforestación y forestación. Además, la multiplicación mediante estacas presenta dificultades en el enraizamiento, lo que complica aún más la producción de plántulas.

En los últimos años, ha aumentado notablemente la aparición de nuevos problemas fitosanitarios, como la Muerte Regresiva (MR), una enfermedad que afecta las plantaciones y cuyo agente causal aún se desconoce. Los síntomas suelen comenzar con clorosis en el ápice de la planta, aunque también puede observarse clorosis inicial en el tercio medio del árbol. A medida que avanza la enfermedad, la clorosis se generaliza y, en etapas avanzadas, se produce defoliación.

Esta investigación pretende desarrollar una metodología de actualidad como es la propagación in vitro mediante explantes para la obtención de una gran cantidad de plántulas en un periodo corto de tiempo y espacios reducidos en laboratorio, utilizando dos citoquininas y auxinas en tres dosis que nos permita producir plantas con pureza genética y calidad fitosanitaria. De esta manera, se busca ofrecer a los agricultores plántulas de alta calidad, libres de plagas y enfermedades, contribuyendo así a la conservación de las especies.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Generalidades

La Teca es introducida en el Ecuador alrededor del año 1960 es uno de los árboles más finos y nobles. Sus características la convierten en una de las maderas más apetecidas del mundo debido a su color y larga durabilidad. Se le atribuye una capa de aceite protectora que la hace inmune a las plagas, sol y lluvia. (Espinoza, 2014)

3.2 Origen

La Teca es de originaria de la India, Birmania, Tailandia, Indochina, Myanmar, y Java, sin embargo, ha sido extensamente sembrado por su madera y por razones ornamentales dentro de su hábitat natural y en todas las regiones tropicales del mundo, este y oeste del África, Indias Occidentales, Cuba, Jamaica, Trinidad, Costa Rica, Panamá, Brasil, Estados Unidos (sur de Florida), Puerto Rico. En India, donde se pueden encontrar estructuras hechas con árboles de Teca hace más de 1.000 años, esta especie era muy abundante. (Vega & Salagata, 2015)

3.3 Clasificación taxonómica

La teca es una especie especificada de la siguiente manera:

- ✓ Reino: Plantas
- ✓ Subphylum: Angiospermae
- ✓ Clase: Dicotyledonae
- ✓ Orden: Lamiales
- ✓ Familia: Lamiaceae
- ✓ Nombre científico: *Tectona grandis*
- ✓ Nombre común: Teca

Fuente: (Bravo, 2019)

3.4 Características botánicas

3.4.1 Árbol

Es una especie latifoliada que pertenece a la familia Verbenaceae. El árbol de teca puede alcanzar una forma cilíndrica es de tamaño grande, de característica decidua, que puede alcanzar los 50 m de altura y los 2 m de diámetro. (Osorio, 2019)

3.4.2 Tronco

Su fuste es recto, con tendencia a bifurcarse o a ramificarse si crece de forma aislada. (Fonseca, 2004)

3.4.3 Corteza

Tiene una corteza áspera y fisurada con un espesor de 1,2 mm. La corteza exterior es de color castaño, aclarado escamosa y la interna es de color blanquecina. (Vinueza, 2012)

3.4.4 Olor

Recién cortada tiene un olor muy distintivo, similar al del cuero. (Saltos, 2015)

3.4.5 Hojas

Las hojas son de forma simples opuestas que van desde unos 11 a 85 cm de largo y de 6 a 50 cm de ancho. En el haz son de color verde oscuro y el envés es de color blanquecina. Poseen peciolo gruesos. (Heredia, 2003)

3.4.6 Inflorescencia

En panículas terminales de 40 cm hasta 1,0 m de largo. (Maderero, 2018)

3.4.7 Flores

De cáliz campanulado, blanquecinas, pequeñas, agrupadas en grandes panículas terminales erectas es de color amarillo verdoso, de borde dentado, los pétalos se juntan formando un tubo corto, 5 o 6 estambres insertados debajo del tubo de la

corola, anteras amarillas, ovadas y oblongas. La floración se da en los meses de junio a septiembre. (Heredia, 2003)

3.4.8 Fruto

El fruto es subgloboso, más o menos tetrágono, aplanado; exocarpo delgado, algo carnoso cuando fresco y tomentoso; endocarpo grueso, óseo, corrugado con cuatro celdas que encierran generalmente 1 o 2 semillas de 5 mm de largo. La producción de frutos al inicio del verano, de febrero a abril. (Fonseca, 2004)

3.4.9 Semillas

Sin endospermo. Germinación de semillas epigenica, cotiledones iguales, peciolados, con una muesca o ápice emarginado. La producción de semillas fértiles se presenta entre los 15 y los 20 años. (Heredia, 2003)

3.4.10 Sistema radicular

La teca presenta una raíz pivotante gruesa y larga que puede persistir o desaparecer, pero forma numerosas y fuertes raíces laterales. Las raíces son sensibles a la deficiencia de oxígeno, de ahí que se encuentran a poca profundidad (primeros 30 cm) creciendo en suelos bien drenados. (Indio, 2017)

3.4.11 Requerimientos edáfo-climaticos

El árbol de teca prefiere suelos arenosos o franco arenosos, bien desarrollados, bien drenados y aireados, aún más si son aluviales. Tiene capacidad de adaptación a suelos pobres y a suelos calcáreos. Se acomoda a una gran variedad de suelos con buen drenaje interno y en áreas de suelos arcillosos pesados. (Vinueza, 2012)

Se puede establecer sobre una gran variedad de suelos y formaciones geológicas, pero el mejor crecimiento ocurre en suelos aluviales profundos, porosos, fértiles, y bien drenados con pH neutro o ácido. Tolera condiciones de suelos muy extremas, siempre que haya drenaje adecuado. (Chan, 2014)

| Requerimientos climáticos | |
|---------------------------|------------------|
| Altitud | 0- 800 m.s.n.m. |
| Precipitación | 1.000 – 2.200 mm |
| Temperatura | 22 – 28 °C |

Fuente: (Vinueza, 2012)

3.5 Reproducción de teca

3.5.1 Reproducción asexual

La especie de Teca es propagada fundamentalmente a partir de semillas botánicas y esquejes. Sin embargo, el grueso y duro pericarpio de las semillas obstaculiza la germinación natural y un porcentaje importante de las mismas permanece latente durante el primer año. Por otro lado, las plantas obtenidas de semillas pueden presentar una gran variabilidad genética, mientras que la propagación vegetativa mediante esquejes y el cultivo de tejidos, permiten reproducir ejemplares genéticamente iguales a las plantas de las cuales proviene el material vegetal inicial. (Morales, 2023)

Multiplicación asexual o vegetativa, llamada también propagación vegetativa o reproducción agámica. Permite producir plantaciones homogéneas con características fenotípicas deseables. Consiste en producir nuevos individuos a partir de porciones vegetativas de las plantas. La propagación asexual es posible debido a que cada una de las células de la planta contiene todos los genes necesarios para el crecimiento y desarrollo y, en la división celular (mitosis) que se efectúa durante el crecimiento y regeneración, los genes son replicados en las células hijas. La regeneración de un nuevo organismo por métodos asexuales ocurre con facilidad en las plantas superiores. (Ahumada, 2017)

3.5.2 Clon

Es el conjunto de todos los descendientes originados por vía vegetativa de un único individuo inicial. Todos los nuevos individuos son iguales en sus caracteres hereditarios (genotipo), siempre que no se haya producido una mutación en ellos.

La clonación de plantas, fundamentalmente el cultivo in vitro, constituye un paso fundamental en la obtención y regeneración de plantas genéticamente modificadas, o transgénicas. La obtención de una planta transgénica mediante técnicas de Ingeniería Genética depende de la introducción de ADN foráneo en su genoma que determina la manifestación de un nuevo rasgo de interés. Normalmente se utilizan cultivos de tejidos, seguido de la regeneración de la planta completa y la subsiguiente expresión de los genes introducidos o transgenes. (Morales, 2023)

3.6 Plagas y enfermedades

3.6.1 Plagas

| Nombre Común | Nombre científico | Descripción |
|--------------|-------------------------|--|
| ✓ Defoliador | <i>Rhabdopterus sp.</i> | Pertenece a la familia Chrysomelidae (Orden Coleoptera). Los adultos se alimentan de follaje, produciendo perforaciones características de forma elongada y curva de aproximadamente 1,3 de largo y 0,16 cm de ancho. |
| ✓ Defoliador | <i>Walterianella sp</i> | Los adultos se alimentan del follaje produciendo pequeñas raspaduras de la cutícula superior y del parénquima de aproximadamente 10 x 2 mm. Los daños dentro de las plantaciones se concentran en grupos de árboles o foco. |

| | | |
|------------------------------------|----------------------------------|---|
| <p>✓ Esqueletizador de la teca</p> | <p><i>Hyblaea puera</i></p> | <p>Las larvas son las que causan los daños a las plantaciones, las jóvenes se alimentan de la lámina foliar raspando el envés; conforme avanzan en edad, hacen orificios circulares de varios cm de diámetro, posteriormente se alimentan de toda la hoja, solo dejan las nervaduras principales. Las larvas pliegan y unen con seda un borde de la hoja con la lámina foliar donde se albergan. De allí salen a alimentarse del resto de la lámina foliar, dejando únicamente las nervaduras primarias y secundarias. En ataques severos se pueden observar hasta 12 larvas por hoja y defoliaciones totales, partiendo en forma preferencial de las hojas más jóvenes. Los brotes de crecimiento también pueden ser dañados o muertos, con lo que se puede afectar la calidad y forma del árbol. En infestaciones severas solo quedan las nervaduras de las hojas; como consecuencia del daño se tiene reducción de crecimiento, muerte de puntas y excepcionalmente muerte de árboles.</p> |
| <p>✓ Barrenador de tucas</p> | <p><i>Neoclytus cacticus</i></p> | <p>Es un insecto que barrena el xilema, ataca a árboles jóvenes menores de tres años en forma esporádica.</p> <p>Las galerías de las larvas se presentan como sigue: al principio la larva recién emergida hace un túnel horizontal en la zona de cambium, este túnel se ensancha</p> |

| | | |
|----------------------------|------------------------------|--|
| | | <p>conforme se desarrolla la larva, después la larva penetra en la madera en donde hace galerías de gran tamaño, las cuales bloquean el paso de agua y nutrientes. El follaje de los árboles afectados cambia a color café claro, se mezcla con follaje verde. En el ambiente urbano ataca árboles debilitados por diferentes causas, entre ellas las pudriciones de raíz causadas por hongos del género <i>Ganoderma</i>.</p> |
| <p>✓ Comedor de raíces</p> | <p><i>Phyllophaga sp</i></p> | <p>El insecto, destruye las raíces de plantas en vivero y de árboles jóvenes menores de tres años, presenta un problema crónico y en ciertos casos alcanza dimensiones epidémicas. Las larvas de muchas especies del género <i>Phyllophaga</i>, pueden ser consideradas como las plagas más importantes de suelo que se alimentan de tubérculos y raíces.</p> |

3.6.2 Enfermedades

| Nombre Común | Nombre científico | Descripción |
|------------------------------|----------------------------|--|
| <p>✓ Quema de los brotes</p> | <p><i>Phomopsis sp</i></p> | <p>Es un hongo que afecta el follaje, ataca los brotes de árboles jóvenes de 6 a 24 meses de edad. La infección comienza en el meristemo apical, las hojas inmaduras se tornan pardo oscuro y después se desvanecen.</p> |

| | | |
|---------------------------|---|--|
| ✓ Cancro nectria | <i>Nectria nauriticola</i> <i>sp</i> | Produce cancro múltiple, cada cancro representa un abultamiento de 3 a 20 cm de largo y de 2 a 23 cm de ancho a lo largo del fuste; la corteza se abre en dichos sitios y se ubican principalmente en los puntos de poda |
| ✓ Corona de agallas | <i>Agrobacterium tumefaciens</i> | Es una bacteria de la familia <i>Rhizobiaceae</i> , la cual causa tumores a más de 80 familias de plantas herbáceas y forestales. Afecta el tallo de árboles jóvenes menores de tres años y de mayor edad, el ataque es poco frecuente. En teca se forman agallas o tumores, principalmente en la base de los tallos a nivel de la superficie del suelo. |

(Heredia, 2003)

3.7 Micropropagación in vitro

La micropropagación de plantas in vitro es una técnica que consiste en propagar plantas de forma asexual. Con este método replicamos plantas a partir de un explante, a partir de hojas, tallos, raíces, semillas o cualquier otro órgano, para cultivarlo en un laboratorio. De esta forma podemos crear un ambiente artificial y controlarlo, por ejemplo, la temperatura, la humedad, nutrientes esenciales, entre otros que nos permiten asegurar un crecimiento exitoso. (BioplanInVitro, 2019)

El resultado de este proceso son plantas idénticas a la planta madre de la que se tomó el explante. Sus frutos y demás características tendrán el mismo sabor, tamaño, color, resistencia a enfermedades, al medio ambiente, entre otros. Esta técnica se utiliza para multiplicar plantas mejoradas genéticamente, especímenes únicos que cuentan con características ideales o para acelerar el mejoramiento u obtener abundante material para investigaciones. (Osoria, 2022)

El cultivo se incuba bajo condiciones de luz, temperatura y humedad controladas, que junto con las fisicoquímicas y nutricionales conducen el desarrollo del explante hacia la formación de una masa celular amorfa denominada callo, o hacia la

diferenciación en un tejido organizado que producirá órganos o embriones. Los callos obtenidos mediante este procedimiento pueden subcultivarse para su mantenimiento y propagación o inducir su diferenciación para formar órganos (organogénesis), embriones (embriogénesis) o pasarse a un medio de cultivo líquido para obtener células y pequeños agregados en suspensión. (Intagri, 2021)

3.8 Medios de cultivo para la propagación in vitro

El medio de cultivo está compuesto por una combinación de sales minerales, vitaminas, reguladores de crecimiento, azúcar, agua y agar. La combinación del medio de cultivo en general depende de la especie vegetal y de la etapa del proceso de micropropagación. Los medios de cultivo son soluciones acuosas donde se van a desarrollar los microorganismos y/o animales. Este desarrollo se da por medio de los nutrientes requeridos. La composición del medio de cultivo provee los nutrientes a tejido vegetal in vitro, por tal, debe ser similar a las condiciones de nutrición que brinda el suelo a la planta en el estado natural. (Sharry et al., 2015)

3.8.1 Sales minerales MS (Murashige y Skoog, 1962) en (mg/l)

- | | |
|---|---|
| ✓ NH_4NO_3 1.650 | ✓ KI 0.00083 |
| ✓ KNO_3 1.900 | ✓ $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.00025 |
| ✓ $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.440 | ✓ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.000025 |
| ✓ $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.370 | ✓ $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.000025 |
| ✓ KH_2PO_4 0.170 | ✓ Mioinositol 0.100 |
| ✓ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.0278 | ✓ Tiamina HCl 0.0001 |
| ✓ $\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.0372 | ✓ Acido nicotínico 0.0005 |
| ✓ $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.0086 | ✓ Piridoxina HCl 0.0005 |
| ✓ H_3BO_3 0.0062 | ✓ Glicina 0.002 |

3.8.2 Micronutrientes en mg/l

- | | |
|--|--|
| ✓ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 27,8 | ✓ $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ |
| ✓ Na_2EDTA 37,3 | ✓ $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,25 |
| ✓ H_3BO_3 6,2 | ✓ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,025 |
| ✓ $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 22,3 | ✓ $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,025 |

3.8.3 Vitaminas en mg/l

- ✓ myo- Inositol 100
- ✓ Tiamina HCl 0,1
- ✓ Ácido nicotínico 0,5
- ✓ Glicina 2, 0
- ✓ Piridoxina HCl 0,5

3.8.4 Gelificante en g/l

- ✓ Agar 7.5

3.8.5 Elaboración de soluciones madre del medio de cultivo Murashige y Skoog

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

- ✓ Stock de macronutrientes
- ✓ Stock de micronutrientes
- ✓ Stock de kelatos de Fe
- ✓ Soluciones Stock de vitaminas
- ✓ Soluciones Stock de Reguladores.

3.8.6 Fitorreguladores

Los fitorreguladores son los compuestos que tienen mayor importancia en el medio de cultivo. Dependiendo del objetivo del cultivo deberá seleccionarse y calcularse la dosis necesaria de hormonas que se utilizarán. Los reguladores de crecimiento se clasifican en: auxinas, citocininas, giberelinas y retardantes e inhibidores del crecimiento. Se pueden encontrar naturales que son las hormonas o sintéticas que regulan el crecimiento. (Sharry et al., 2015)

3.8.7 Citoquininas

Son utilizadas para estimular la división celular, especialmente al combinarlas con auxinas. Altas concentraciones inducen la formación de brotes adventicios e inhiben la formación de raíces, promueven la multiplicación de tallos y

proliferación de yemas laterales, a través de la disminución de la dominancia apical. Por otra parte, las citoquininas permiten retardar el proceso de envejecimiento celular e influyen en el transporte de auxinas. Sin embargo, aunque algunos tipos de tejidos requieren esencialmente citoquininas para el fenómeno de la organogénesis, éstas no son esenciales. Para preparar soluciones stock, se deben disolver con unas gotas de una solución 1m de ácido clorhídrico.

Las citocininas naturales son procedentes de adenina y se localizan en las plantas como nucleósidos y nucleótidos y se reducen en tejidos jóvenes y raíces, posee la peculiaridad de estimular la síntesis de proteínas, participan en el control del ciclo celular estimulando y regulando la división celular y destruyen la latencia de las yemas axilares, en plantas completas impulsan la brotación, provocando el crecimiento de las hojas y retrasa la senescencia. (Sharry et al., 2015)

3.8.8 Kinetina

Es un regulador del crecimiento de citoquinina probado en cultivo de tejidos vegetales. La kinetina es una fitohormona de citoquinina de tipo adenina utilizada en medios de cultivo de plantas como los medios Murashige y Skoog junto con las auxinas. La kinetina se usa para inducir la formación de callos y para regenerar tejidos de plantas a partir de callos. (Quimicompany, 2019)

3.8.9 Bencil amino purina

Es un Regulador de Crecimiento vegetal hormonal del tipo Citoquininas que funciona de forma sistémica. Su principal función es promover la división celular, induciendo al crecimiento y desarrollo de yemas laterales o axilares. Además, ayuda promover el aumento del tamaño del fruto y permitir a la planta a mantenerse más joven y vigorosa. (Croper, 2020)

Beneficios:

- ✓ Promueve la división de las células.
- ✓ Promueve el crecimiento y elongación de las células.
- ✓ Promueve la germinación.

- ✓ Regula el crecimiento y elongación del tallo y hojas.
- ✓ Regula el crecimiento de las raíces.
- ✓ Inhibe el proceso de envejecimiento de las hojas.
- ✓ Promueve la formación de botones florales y promueve la floración.
- ✓ Induce la formación de órganos femeninos.
- ✓ Promueve la apertura de poros y la evaporación.
- ✓ Incrementa la resistencia ante condiciones adversas.
- ✓ Regula la actividad enzimática. (Greenimport, 2022)

3.8.10 Auxinas

Las auxinas son un tipo de fitohormonas especializadas en diferentes procesos a nivel vegetal. Los principales puntos de acción se encuentran a nivel celular, donde tienen la capacidad de dirigir e intervenir en los procesos de división, elongación y diferenciación celular. (Acero et al., 2019)

Las auxinas participan en todos los procesos de desarrollo de los cultivos y, a nivel celular, intervienen en los procesos de división, elongación y diferenciación celular. Una de las principales características de esta fitohormona es que está distribuida diferencialmente entre células y tejidos; en algunos casos se acumula localmente en una célula o un grupo de células, en otros cambia su distribución entre células y finalmente, también puede tener una distribución diferencial en los tejidos vegetales. (Garay, 2014)

3.8.11 Ácido IndolButírico

Es un regulador del crecimiento que promueve y acelera la formación de raíces adventicias en las plantas. Se utiliza frecuentemente para la propagación de esquejes estacas y acodos. Entre las hormonas sintéticas se encuentra el AIB, un regulador del crecimiento que promueve y acelera la formación de raíces adventicias en las plantas. Se utiliza frecuentemente para la propagación de esquejes o estacas y acodos. Este tipo de hormonas de crecimiento ha mostrado un efecto positivo en el desarrollo de las plantas al estimular la formación de raíces laterales. El AIB fue utilizado inicialmente como un promotor del crecimiento de raíces para la propagación asexual de plantas ornamentales y frutales.

AIB proporciona beneficios directos en el crecimiento de las plantas que se siembran por semilla: promueve la absorción de nutrientes, acelera el crecimiento, favorece la formación de la raíz y optimiza las funciones metabólicas. (Quimicompany, 2020)

3.8.12 Ácido Naftalenacético (ANA)

Actúa como activador enzimático de procesos fisiológicos en las plantas, como la división celular, la regulación de la maduración, la promoción de la floración y la fructificación. En la teca, la combinación de ANA con otros elementos, como el ácido indol butírico (AIB), puede mejorar el enraizamiento de brotes en árboles adultos. En la propagación vegetativa de la teca por el método de mini estacas, el ANA puede mejorar y estandarizar el proceso. (Salazar et al., 2010)

Beneficios:

- ✓ Favorece la inducción floral y previene el aborto de frutos.
- ✓ Permite la formación de un mayor sistema radicular en las plantas.
- ✓ Es empleado para la propagación asexual por medio de estacas, para enraizamiento de acodos y esquejes. (Croper, 2022)

IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1 Materiales

4.1.1 Localización de la investigación

| | |
|-------------------|---|
| Provincia: | Bolívar |
| Cantón: | Guaranda |
| Parroquia | Veintimilla |
| Sector: | Laguacoto II - Laboratorio de Biotecnología Vegetal |
| Dirección: | km 1.5 Vía Guaranda a San Simón |

4.1.2 Situación geográfica y climática

| | |
|---|--------------------|
| Altitud: | 2622 msnm |
| Latitud: | 01° 36' 88''S |
| Longitud: | 78° 59' 88''W |
| Temperatura media anual: | 14.5 °C |
| Temperatura máxima: | 23 °C |
| Temperatura mínima: | 2 °C |
| Precipitación media anual: | 880 mm |
| Heliofanía: | 850 horas/ luz/año |
| Humedad relativa promedio anual: | 70 % |
| Velocidad promedio anual del viento: | 6 m/s |

Fuente: Monar, C. 2017 y estación meteorológica Laguacoto II

4.1.3 Zona de vida

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

4.1.4 Material experimental

- ✓ Citoquininas: Bencil Aminopurina (BAP) y Kinetina (KN)
- ✓ Auxinas: Ácido IndolButírico y Ácido Naftalenacético
- ✓ Explantes de teca (*Tectona grandis*)

4.1.5 Materiales de campo

- ✓ Tijera de podar
- ✓ Papel periódico
- ✓ Recipiente
- ✓ Agua
- ✓ Fundas plásticas

4.1.6 Materiales de oficina

- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Libreta de apuntes
- ✓ Computador
- ✓ Impresora
- ✓ Esferos
- ✓ Internet
- ✓ Hojas de papel boom A4
- ✓ Flash memory

4.1.7 Material de laboratorio

- ✓ Vasos de precipitación
- ✓ Mechero de alcohol
- ✓ Erlenmeyer
- ✓ Tubo de ensayo
- ✓ Probetas aforadas
- ✓ Cajas Petri
- ✓ Pinza
- ✓ Bisturí
- ✓ Atomizadores
- ✓ Marcadores
- ✓ Cinta rolopac
- ✓ Frascos de vidrio
- ✓ Fósforos
- ✓ Guantes
- ✓ Mandil
- ✓ Mascarilla

4.1.8 Equipo de laboratorio

- ✓ Agitador magnético
- ✓ Autoclave vertical
- ✓ Balanza de precisión
- ✓ Cámara de flujo laminar horizontal
- ✓ pH metro
- ✓ Horno de microondas
- ✓ Destilador de agua

4.1.9 Reactivos

- ✓ 6-Bencilaminopurina (BAP)
- ✓ Kinetina (KN)
- ✓ Ácido IndolButírico (IBA)
- ✓ Ácido Naftalenacético (ANA)

4.1.10 Desinfectantes

- ✓ Hipoclorito de sodio
- ✓ Alcohol antiséptico
- ✓ Alcohol industrial

4.2 Métodos

4.2.1 Factores de estudio

Factor A: Hormonas

- ✓ A1: Bencil amino purina
- ✓ A2: Kinetina
- ✓ A3: Ácido IndolButírico
- ✓ A4: Ácido Naftalenacético

Factor B: Dosis de hormonas

- ✓ B1: 2 mg/l
- ✓ B2: 4 mg/l
- ✓ B3: 6 mg/l

4.2.2 Tratamientos

Combinación de factores A*B (4*3) se detalla en la siguiente tabla.

| Tratamiento | Código | Detalle |
|-------------|--------|--------------------------------|
| T1 | A1B1 | Bencil amino purina + 2 mg/l |
| T2 | A1B2 | Bencil amino purina + 4 mg/l |
| T3 | A1B3 | Bencil amino purina + 6 mg/l |
| T4 | A2B1 | Kinetina + 2 mg/l |
| T5 | A2B2 | Kinetina + 4 mg/l |
| T6 | A2B3 | Kinetina + 6 mg/l |
| T7 | A3B1 | Ácido IndolButírico + 2 mg/l |
| T8 | A3B2 | Ácido IndolButírico + 4 mg/l |
| T9 | A3B3 | Ácido IndolButírico + 6 mg/l |
| T10 | A4B1 | Ácido Naftalenacético + 2 mg/l |
| T11 | A4B2 | Ácido Naftalenacético + 4 mg/l |
| T12 | A4B3 | Ácido Naftalenacético + 6 mg/l |

4.2.3 Tipo de diseño experimental

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial (4x3) con 3 repeticiones en condiciones controladas del Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Estatal de Bolívar, Campus Laguacoto II.

4.2.4 Procedimiento

- ✓ Localidad: 1
- ✓ Número de tratamientos: 12
- ✓ Número de repeticiones: 3
- ✓ Número de unidades experimentales: 36
- ✓ Número de explantes: 108

4.2.5 Tipo de análisis

- ✓ Análisis de varianza (ADEVA), según el siguiente detalle: 4x3 Rep. 3

| Fuentes de variación | Grados de libertad | CME* |
|----------------------------|--------------------|--------------------------|
| Factor A: Hormonas (a-1) | 3 | $l^2e + 18\theta^2FA$ |
| Factor B: Dosis (b-1) | 2 | $l^2e + 12\theta^2FB$ |
| FA x FB (a-1) (b-1) | 6 | $l^2e + 6\theta^2FA xFB$ |
| Error Experimental t (r-1) | 24 | l^2e |
| Total (t x r) – 1 | 35 | |

- ✓ Prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de factor A, factor B e interacción de A*B
- ✓ Análisis de correlación y regresión lineal simple.

4.3 Métodos de evaluación y datos tomados

4.3.1 Días a la brotación (DB)

Dato que fue evaluado mediante observación directa y continua de los explantes de cada tratamiento, registrando los días transcurridos desde el inicio de la siembra, hasta cuando más del 50% de los explantes presentaron al menos un brote en cada tratamiento y repetición.

4.3.2 Número de brotes por explante (NBE)

Se determinó por conteo directo del número de brotes por cada explante a los 45 y 90 días en todos los tratamientos.

4.3.3 Longitud de los brotes (LB)

Se evaluó con un flexómetro en cm a los 45 y 90 días, en los 3 frascos de cada uno de los tratamientos, y se midieron desde la base del tallo hasta el ápice de los brotes, y por la parte exterior de cada frasco.

4.3.4 Número de hojas por brote (NHB)

Se registró por conteo directo del número de hojas por cada explante a los 45 y 90 días en todos los tratamientos.

4.3.5 Altura de brotes (AB)

La altura de brotes se tomó del área de incubación con la ayuda de una regla en cm por la parte exterior del frasco de cristal desde la parte coronal superficial de la base del brote hasta su ápice a los 45 y 90 días del subcultivo.

4.3.6 Tasa de velocidad de multiplicación (TVM)

Está expresada por 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:

$$TVM = \frac{\text{Nº de brotes}}{\text{Tiempo (días)}}$$

4.3.7 Número de explantes contaminados (NEC)

Variable que fue registrada a los 45 y 90 días, una vez que los explantes fueron introducidos en los frascos que contenían el medio de cultivo. La contaminación fue evaluada por observación directa en las unidades experimentales (frascos) de cada tratamiento y repetición. Considerando que un frasco de cristal está contaminado cuando en el medio de cultivo se observa la presencia de esporas blanquecinas o grises, las cuales con el transcurso del tiempo se diseminan formando una estructura algodonosa.

4.4 Manejo del experimento

4.4.1 Selección de planta madre

Se seleccionaron plantas de teca que tengan las condiciones físicas adecuadas para el desarrollo de las vitroplantas, las cuales son provenientes del Cantón Montalvo,

Provincia de los Ríos, mismas que 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”.

4.4.2 Obtención de brotes

Una vez que existió la presencia de brotes en las plantas se extrajeron de la parte apical los mismos que fueron recolectados de una longitud aproximada de 1 a 2,5 cm.

4.4.3 Desinfección del material en el laboratorio

Para la desinfección del material experimental, los explantes se lavaron con jabón líquido al 1% más agua destilada durante 20 min, luego se realizó enjuagues consecutivos para eliminar los residuos del jabón. Posteriormente en la cámara de flujo laminar se desinfectó los brotes con alcohol al 50% durante 2 min, de igual manera se utilizó hipoclorito de sodio (NaClO) al 60% durante 10 min, finalmente se eliminaron los residuos del desinfectante con agua destilada esterilizada, el cual lavamos tres veces consecutivas en un lapso de tres minutos por cada lavado; luego de este proceso de desinfección se colocaron los explantes en los tubos de ensayos que contienen el medio de cultivo previamente preparado.

4.4.4 Preparación del medio de cultivo

Para la preparación del medio de cultivo según Murashige y Skoog, se procedió a pesar en una balanza analítica, cada uno de los reactivos requeridos los cuales fueron: Azúcar, macronutrientes, micronutrientes, vitaminas, reguladores de crecimiento como Bencil amino purina, Kinetina, Ácido IndolButírico, Ácido Naftalenacético y gelificante Agar en tres concentraciones 2mg/l, 4mg/l y 6mg/l respectivamente con un pH de 5,6- 5,7.

| SOLUCIONES CONCENTRADAS | | MEDIO DE CULTIVO O PROLIFERACIÓN Dosis en lI |
|--------------------------------|---------------|---|
| STOCK #1 | 1000ml | 100ml |
| Nitrato de potasio | 19 g | |
| Nitrato de amonio | 16,5 g | |
| Cloruro de calcio | 4,4 g | |
| Sulfato de magnesio | 3,7 g | |
| Fosfato de potasio | 1,7 g | |
| STOCK #2 | 500ml | 10ml |
| Sulfato de magnesio | 84,5 mg | |
| Sulfato de zinc | 43,5 mg | |
| Ácido bórico | 31 mg | |
| Yoduro de potasio | 4,15 mg | |
| Molibdato de sodio | 1,5 mg | |
| STOCK #3 | 100ml | 10ml |
| Sulfato ferroso | 378,0 mg | |
| Na EDTA | 372,0 mg | |
| VITAMINAS | 100ml | 10ml |
| Myoinositol | 1,0 g | |
| Acido nicotínico | 50,0 mg | |
| Piridoxima | 50,0 mg | |
| Tiamina | 4,0 mg | |
| Agar | | 7g |
| Sacarosa | | 30g |

Para su preparación se realizó el siguiente procedimiento:

- ✓ Colocamos en un vaso de precipitación de 1000 ml agua destilada una tercera parte del volumen final a preparar.
- ✓ Se procedió a pesar 30 g de azúcar, 7 g de agar, en estado sólido.
- ✓ Se añadió la sacarosa al momento que preparemos la solución y el agar lo colocamos en el medio de cultivo cuando este a 80 °C después de introducirlo al microondas.
- ✓ Seguido añadimos el stock #1, stock #2, stock #3, vitaminas y reguladores de crecimiento (citoquininas y auxinas), previamente preparados en tres

concentraciones 2 mg/l, 4 mg/l y 6 mg/l para distribuir en cada medio de proliferación.

4.4.5 Esterilización del medio de cultivo

Se procedió a la distribución del medio de cultivo a los frascos de vidrio, 50 cc aproximadamente en cada uno los cuales pasaron a un proceso de esterilización en la autoclave a 121 °C durante 20 min. Se retiró los frascos de la autoclave en una bandeja metálica y se dejó enfriar durante 24 h en el área de transferencia.

4.4.6 Introducción del material in vitro

Luego de la desinfección se procedió a realizar la siembra de los explantes en el medio de cultivo, con la ayuda de las pinzas, se introducirán los explantes a los frascos de vidrio que contienen medio de cultivo, al finalizar la siembra los frascos de vidrio serán flameados a lo largo de los bordes superiores y sellados con plastifilm e identificados con los tratamientos correspondientes.

4.4.7 Transferencia del material vegetal

Cuando alcanzó una altura de 1 a 2,5 cm en el frasco de cristal se procedió a cortar con la ayuda de un bisturí los nuevos brotes y se procedió a cambiar a otro frasco con medio de cultivo para proceder a tomar las diferentes variables.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Variables agronómicas (Factor A: Citoquininas y Auxinas)

Cuadro N° 1. Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% de los explantes de teca en las variables: Días a la brotación (DB), Tasa de velocidad de multiplicación (TVM) y Número de frascos contaminados (NFC). Laguacoto II, 2024.

| DB (*) | | TVM (**) | | NFC (NS) | |
|-----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Citoquininas y Auxinas | Promedios | Citoquininas y Auxinas | Promedios | Citoquininas y Auxinas | Promedios |
| A3: Ácido IndolButírico | 12,22 A | A4: Ácido Naftalenacético | 0,03 A | A2: Kinetina | 1,33 A |
| A2: Kinetina | 11,89 A | A2: Kinetina | 0,02 AB | A3: Ácido IndolButírico | 1,33 A |
| A4: Ácido Naftalenacético | 11,55 A | A3: Ácido IndolButírico | 0,02 AB | A1: Bencil Amino Purina | 1,22 A |
| A1: Bencil Amino Purina | 9,33 B | A1: Bencil Amino Purina | 0,02 B | A4: Ácido Naftalenacético | 1,00 A |
| Media General: 11,72 | | Media General: 0,02 | | Media General: 1,27 | |
| CV: 11,62 | | CV: 23,40 | | CV: 12,85 | |

* = Altamente Significativo al 5%

** = Altamente Significativo al 1%

Fuente: (Datos obtenidos en el Laboratorio de Biotecnología, 2024)

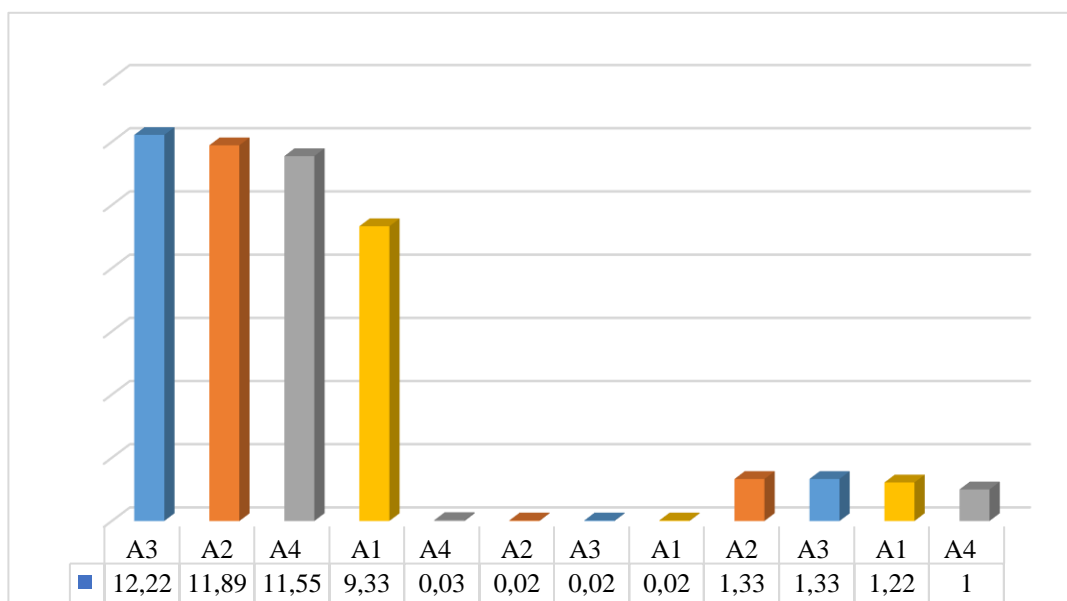


Gráfico N° 1. Promedio del Factor A en las variables días a la brotación, tasa de velocidad de multiplicación y número de frascos contaminados.

Análisis e interpretación

Para la variable días a la brotación de los explantes, se determinaron diferencias estadísticas significativas (*) como efecto de los tipos de hormonas con una media general de 11,72 (12 días) y un valor del coeficiente de variación de 11,62% (Cuadro 1 y Gráfico 1).

En la variable días a la brotación de los explantes la hormona con mayor promedio es el A3: Ácido IndolButírico con 12,22 (12) días, mientras que el A1: Bencil Amino Purina es el que obtuvo menor porcentaje con 9,33 (9) días (Cuadro 1 y Gráfico 1).

La brotación y desarrollo de explantes en cultivo in vitro es un proceso que depende en gran medida de la genética de las variedades de plantas, lo que influye en características como la precocidad y el letargo.

La capacidad de brotación está determinada principalmente por la genética, que afecta el metabolismo y la formación de tejidos meristemáticos en los explantes. Aunque el cultivo in vitro minimiza la interacción con el medio ambiente, factores controlados como la temperatura, la luz y la humedad relativa son cruciales para el desarrollo exitoso de los explantes.

Para la variable TVM, se determinaron diferencias altamente significativas (**) con una media general de 0,02 explantes/día y un valor del coeficiente de variación de 23,40%. La hormona que obtuvo el resultado más alto fue el A4: Ácido Naftalenacético con 0,03 a diferencia de la A1, A2 y A3 que obtuvieron el mismo resultado con 0,02 explantes/día (Cuadro 1 y Gráfico 1). Estos valores indican una alta variabilidad de los datos y por ende de los resultados en los tipos de hormonas.

Los resultados de la (TVM) en este estudio, son significativamente más bajos que los reportados en investigaciones previas. Esta baja tasa de multiplicación podría estar relacionada con diversos factores: En primer lugar, la variedad de la especie utilizada en el estudio podría presentar características fisiológicas que la hacen menos susceptible a la multiplicación vegetativa in vitro. Además, es posible que las condiciones del cultivo in vitro, como la composición del medio, la temperatura, la luz y la humedad, no sean las óptimas para la multiplicación de la variedad estudiada. (Cañal, 2015)

Para la variable Número de frascos contaminados, no se determinaron diferencias significativas (Cuadro 1). Para esta variable, se obtuvo una media general de 1,27 y un valor del coeficiente de variación de 12,85%.

En cuanto al NFC evaluado en porcentaje sobresale la hormona A2: Kinetina con 1,33% de frascos contaminados en comparación con la A4: Ácido Naftalenacético 1% de frascos contaminados respectivamente.

El índice de contaminación en el cultivo in vitro de teca es un factor crítico que afecta la calidad y el rendimiento de las plantas propagadas. La contaminación puede ser causada por una variedad de microorganismos, incluyendo bacterias, hongos y virus. Según (Indacochea et al., 2018) los contaminantes microbianos pueden inducir pérdidas significativas en las fases de establecimiento y multiplicación, afectando negativamente el desarrollo de los explantes.

La teca (*Tectona grandis*) es una especie altamente valorada por la calidad y durabilidad de su madera. Sin embargo, la calidad de muchas de estas plantaciones ha mostrado variabilidad, lo que ha llevado al inicio de programas de mejoramiento genético para la especie. Este estudio demostró la factibilidad de propagar teca mediante la técnica de micropropagación in vitro, que permite la multiplicación rápida de genotipos superiores seleccionados en dichos programas de mejora.

La micropropagación se presenta como una herramienta valiosa para respaldar los programas de mejoramiento genético de la teca. Facilita la rápida multiplicación de genotipos de alto rendimiento, acorta los ciclos de mejora y permite la conservación de germoplasma. Todo esto contribuye a la producción sostenible de madera de teca de alta calidad, asegurando así un suministro constante y mejorado de este recurso valioso.

5.1.1 Número de brotes por explante (NBE)

Cuadro N° 2. Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% de los explantes de teca en la variable NBE a los 45 y 90 días. Laguacoto II, 2024.

| NBE 45 días (NS) | | | NBE 90 días (**) | | |
|----------------------------|----------|-------|----------------------------|----------|-------|
| FA: Citoquinas y Auxinas | Promedio | Rango | FA: Citoquinas y Auxinas | Promedio | Rango |
| A4: Ácido Naftalenacético | 1,88 | A | A4: Ácido Naftalenacético | 3,11 | A |
| A2: Kinetina | 1,44 | A | A2: Kinetina | 2,66 | AB |
| A3: Ácido IndolButírico | 1,33 | A | A3: Ácido IndolButírico | 2,33 | AB |
| A1: Bencil Amino Purina | 1,22 | A | A1: Bencil Amino Purina | 2,00 | B |
| Media General: 1,38 | | | Media General: 2,50 | | |
| CV: 19,85 | | | CV: 18,77 | | |

NS = No Significativo

** = Altamente Significativo al 1%

Fuente: (Datos obtenidos en el Laboratorio de Biotecnología,2024)

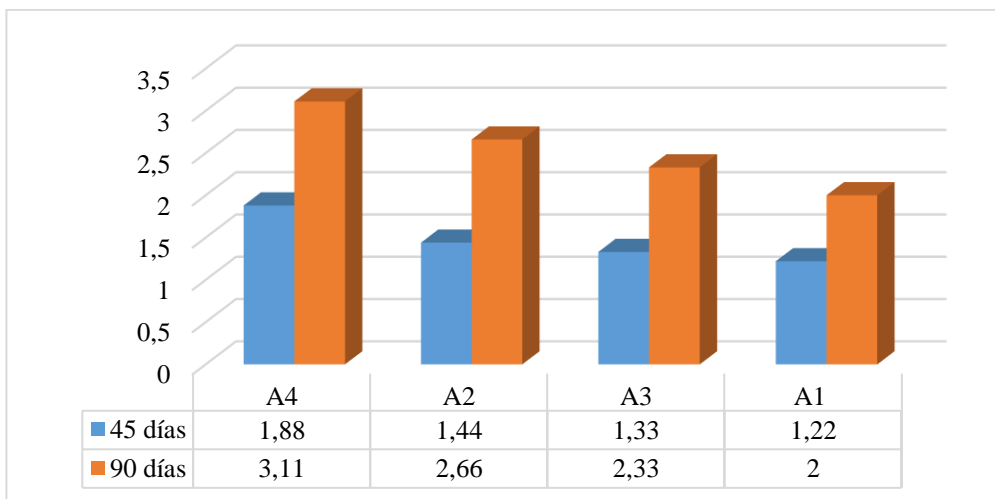


Gráfico N° 2. Promedios del Factor A en la variable Número de brotes por explante (NBE) 45 y 90 días.

Análisis e interpretación

Para la variable NBE a los 45 días, no se determinaron diferencias significativas (Cuadro 2). Para esta variable, se obtuvo una media general 1,38 (1 brote) y un coeficiente de variación de 19,85%. Según los resultados obtenidos, el promedio más alto para el NBE a los 45 días es el A4: Ácido Naftalenacético con 1,88 (2) brotes/explante, a diferencia del A1: Bencil Amino Purina que obtuvo menor promedio con 1,22 (1) brote/explante (Cuadro 2 y Gráfico 2). Los valores de CV fueron altos, lo que indica una gran variabilidad de los resultados registrados a través del tiempo. Esto también quizá se explica porque la variable NHB, es una característica varietal y no está bajo el control del investigador.

A los 90 días, se encontraron diferencias altamente significativas (**), con una media general de 2,50 (3 brotes) y un coeficiente de variación del 18,77%. Los valores de NBE a los 90 días registrados en esta investigación son superiores a los reportados anteriormente, donde el tratamiento A4: Ácido Naftalenacético alcanzó un promedio de 3 brotes/explante, mientras que el tratamiento A1: Bencil Amino Purina presentó un promedio menor, con 2 brotes/explante.

El Número de brotes por explante a los 90 días en comparación con los 45 días se debe a una combinación de factores relacionados con las condiciones de cultivo, maduración de los explantes, efecto acumulativo de las hormonas de crecimiento, genética de los explantes y reducción de la competencia por recursos.

5.1.2 Número de hojas por brote (NHB)

Cuadro N° 3. Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% de los explantes de teca en la variable NHB a los 45 y 90 días. Laguacoto II, 2024.

| NHB 45 días (**) | | | NHB 90 días (NS) | | |
|----------------------------|----------|-------|-----------------------------|----------|-------|
| FA: Citoquinas y Auxinas | Promedio | Rango | FA: Citoquinas y Auxinas | Promedio | Rango |
| A2: Kinetina | 7,66 | A | A2: Kinetina | 10,33 | A |
| A3: Ácido IndolButírico | 7,00 | AB | A1: Bencil Amino Purina | 10,00 | A |
| A4: Ácido Naftalenacético | 7,00 | AB | A3: Ácido IndolButírico | 10,00 | A |
| A1: Bencil Amino Purina | 6,33 | B | A4: Ácido Naftalenacético | 9,33 | A |
| Media General: 7,00 | | | Media General: 10,00 | | |
| CV: 7,77 | | | CV: 4,23 | | |

NS = No Significativo

** = Altamente Significativo al 1%

Fuente: (Datos obtenidos en el Laboratorio de Biotecnología,2024)

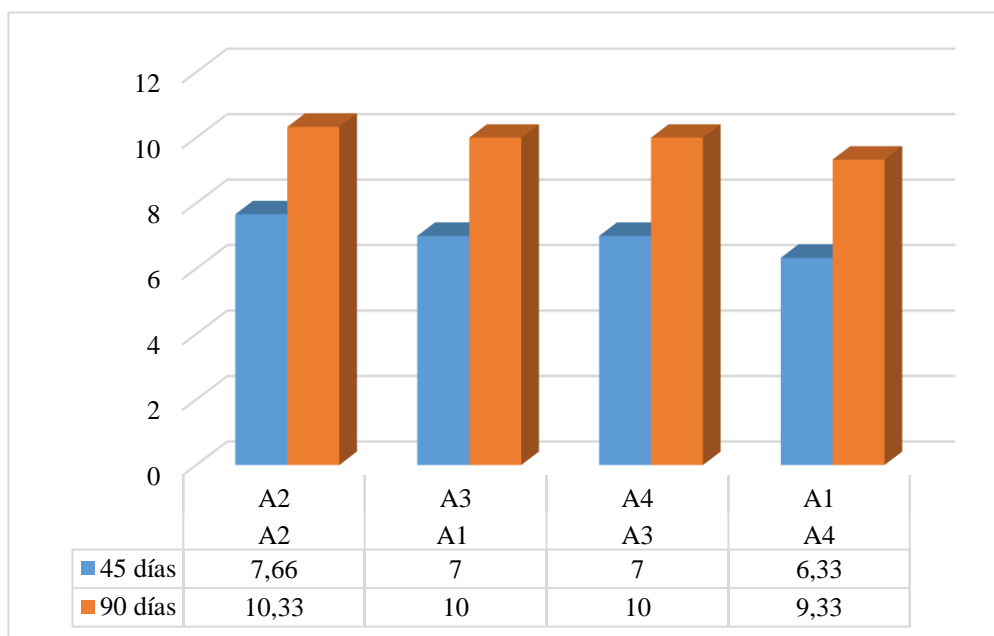


Gráfico N° 3. Promedios del Factor A en la variable número de hojas por brote a los 45 y 90 días. Laguacoto II, 2024.

Análisis e interpretación

Existió un efecto altamente significativo (**) en los tipos de hormonas en la variable NHB evaluada a los 45 días; sin embargo, al evaluar el NHB a los 90 días no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 3).

Al evaluar el NHB a los 45 y 90 días, se encontró los valores más altos para el Factor A2: Kinetina con un promedio de 8 hojas, a diferencia del Factor A1: Bencil Amino Purina la misma que presentó el promedio más bajo de 6 hojas, mientras que a los 90 días se encontró valores altos en el Factor A2: Kinetina con un promedio de 10 hojas, a diferencia del Factor A4: Ácido Naftalenacético la misma que presentó un promedio de 9 hojas. (Cuadro 3 y Gráfico 3).

El NHB es una característica multifacética que depende de la interacción entre el genotipo del explante y el medio de cultivo. Comprender esta interacción es fundamental para optimizar la micropropagación de una especie vegetal específica. La

efectividad de la micropropagación se ve influenciada no solo por la genética del material vegetal, sino también por las condiciones del medio de cultivo, que incluyen la composición de nutrientes, el pH y las hormonas presentes.

Un adecuado equilibrio entre estos factores puede mejorar significativamente el desarrollo de los brotes, lo que resulta en una propagación más eficiente y exitosa.

5.1.3 Altura de brotes (AB)

Cuadro N° 4. Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% de los explantes de teca en la variable AB a los 45 y 90 días. Laguacoto II, 2024.

| AB 45 días (NS) | | | AB 90 días (NS) | | |
|----------------------------|----------|-------|----------------------------|----------|-------|
| FA: Citoquinas y Auxinas | Promedio | Rango | FA: Citoquinas y Auxinas | Promedio | Rango |
| A2: Kinetina | 2,44 | A | A4: Ácido Naftalenacético | 3,66 | A |
| A4: Ácido Naftalenacético | 2,44 | A | A2: Kinetina | 3,22 | A |
| A3: Ácido IndolButírico | 2,00 | A | A3: Ácido IndolButírico | 3,22 | A |
| A1: Bencil Amino Purina | 1,88 | A | A1: Bencil Amino Purina | 3,11 | A |
| Media General: 2,22 | | | Media General: 3,22 | | |
| CV: 13,31 | | | CV: 7,45 | | |

NS = No Significativo

** = Altamente Significativo al 1%

Fuente: (Datos obtenidos en el Laboratorio de Biotecnología,2024)

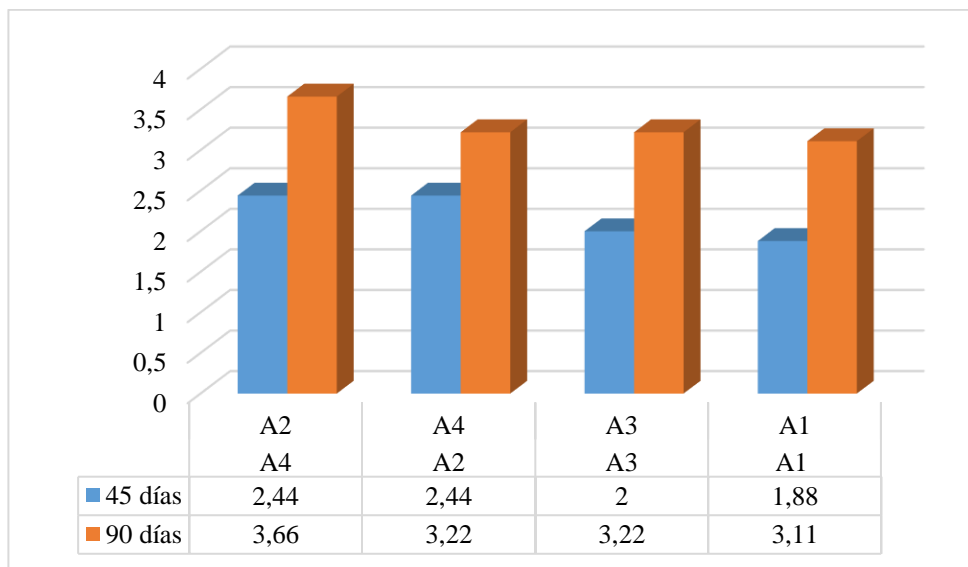


Gráfico N° 4. Promedios del Factor A en la variable altura del brote a los 45 y 90 días. Laguacoto II, 2024.

Análisis e interpretación

Para la variable altura de brotes a los 45 y 90 días, no se determinaron diferencias significativas (Cuadro 4). Para esta variable, a los 45 días se obtuvo una media general 2,22 cm y un coeficiente de variación de 13,31%. A los 90 días se obtuvo una media general de 3,22 cm y un coeficiente de variación de 7,45%.

Al evaluar el AB a los 45 y 90 días, se encontró los valores más altos para el Factor A2: Kinetina con un promedio de 2,44 cm, a diferencia del Factor A1: Bencil Amino Purina que presentó el promedio más bajo de 1,88 cm, mientras que a los 90 días se encontró valores altos en el Factor A4: Ácido Naftalenacético con un promedio de 3,66 cm, a diferencia del Factor A1: Bencil Amino Purina la misma que presentó un promedio de 3,11 cm (Cuadro 4 y Gráfico 4).

La aplicación de citoquininas y auxinas en el cultivo in vitro de teca puede influir en la altura de los brotes. La investigación y la experimentación son fundamentales para determinar la combinación de hormonas que optimice la altura y el desarrollo de los brotes para la propagación exitosa de esta especie.

5.1.4 Longitud de brotes (LB)

Cuadro N° 5. Resultados promedios y de la prueba de Tukey al 5% de los explantes de teca en la variable LB a los 45 y 90 días. Laguacoto II, 2024.

| LB 45 días (NS) | | | LB 90 días (NS) | | |
|----------------------------|----------|-------|----------------------------|----------|-------|
| FA: Citoquinas y Auxinas | Promedio | Rango | FA: Citoquinas y Auxinas | Promedio | Rango |
| A2: Kinetina | 1,41 | A | A4: Ácido Naftalenacético | 1,63 | A |
| A4: Ácido Naftalenacético | 1,20 | A | A3: Ácido IndolButírico | 1,61 | A |
| A3: Ácido IndolButírico | 1,08 | A | A2: Kinetina | 1,58 | A |
| A1: Bencil Amino Purina | 1,06 | A | A1: Bencil Amino Purina | 1,52 | A |
| Media General: 1,14 | | | Media General: 1,59 | | |
| CV: 13,53 | | | CV: 3,02 | | |

NS = No Significativo

** = Altamente Significativo al 1%

Fuente: (Datos obtenidos en el Laboratorio de Biotecnología,2024)

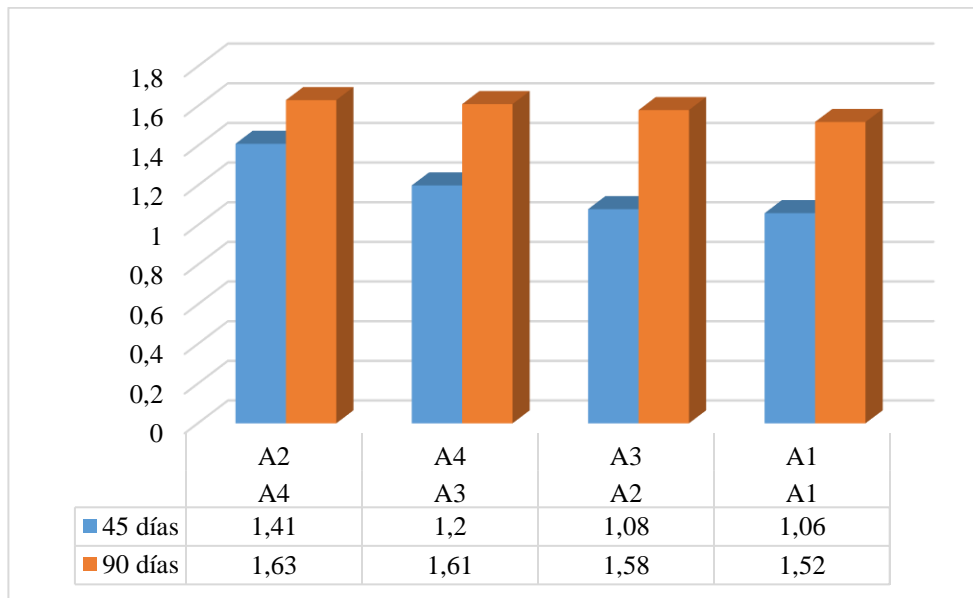


Gráfico N° 5. Promedio del Factor A en la variable longitud del brote a los 45 y 90 días. Laguacoto II, 2024.

Análisis e interpretación

Referente a la variable Longitud del brote en cm a los 45 y 90 días, la respuesta agronómica de los tipos de hormonas a través del tiempo, no se determinaron diferencias significativas.

Al evaluar la longitud del brote a los 45 días, el promedio más alto correspondió al tratamiento A2: Kinetina, con 1.41 cm, mientras que el promedio más bajo fue para el A1: Bencil Amino Purina, con 1.06 cm. A los 90 días, el tratamiento A2: Kinetina también mostró el promedio más elevado, alcanzando 1,63 cm, en contraste con el A1: Bencil Amino Purina, que tuvo un promedio de 1,52 cm y como es lógico a mayor tiempo transcurrido, mayor fue la longitud del brote (Cuadro 5 y Gráfico 5).

La longitud del brote es un parámetro crucial para evaluar el éxito del cultivo in vitro de teca. La concentración de nutrientes, hormonas y otros componentes del medio puede influir en la longitud del brote. La orientación del explante (apical o radical) puede influir en la formación de brotes. La duración del cultivo in vitro afecta la

longitud del brote. Diversos estudios han evaluado el efecto de las citoquininas y auxinas en la longitud del brote de teca. Experimentar con diferentes concentraciones de hormonas para determinar la combinación óptima para la variedad de teca específica.

5.2 Factor B (Dosis de Citoquininas y Auxinas)

Cuadro N° 6. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de Factor B: dosis de hormonas en las variables DB, TVM y NFC. Laguacoto II, 2024.

| DB (NS) | | | TVM (**) | | | NFC (**) | | |
|-----------------------------|----------|-------|----------------------------|----------|-------|----------------------------|----------|-------|
| Factor B: Dosis | Promedio | Rango | Factor B: Dosis | Promedio | Rango | Factor B: Dosis | Promedio | Rango |
| B2: 4mg | 11,42 | A | B2: 4mg | 0,04 | A | B3: 6mg | 1,33 | A |
| B3: 6mg | 11,33 | A | B3: 6mg | 0,03 | AB | B1: 2mg | 1,16 | AB |
| B1: 2mg | 11,00 | A | B1: 2mg | 0,02 | B | B2: 4mg | 1,16 | B |
| Media General: 11,33 | | | Media General: 0,03 | | | Media General: 1,16 | | |
| CV: 1,97 | | | CV: 23,28 | | | CV: 7,86 | | |

Las letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas.

Fuente: (Datos obtenidos en el Laboratorio de Biotecnología,2024)

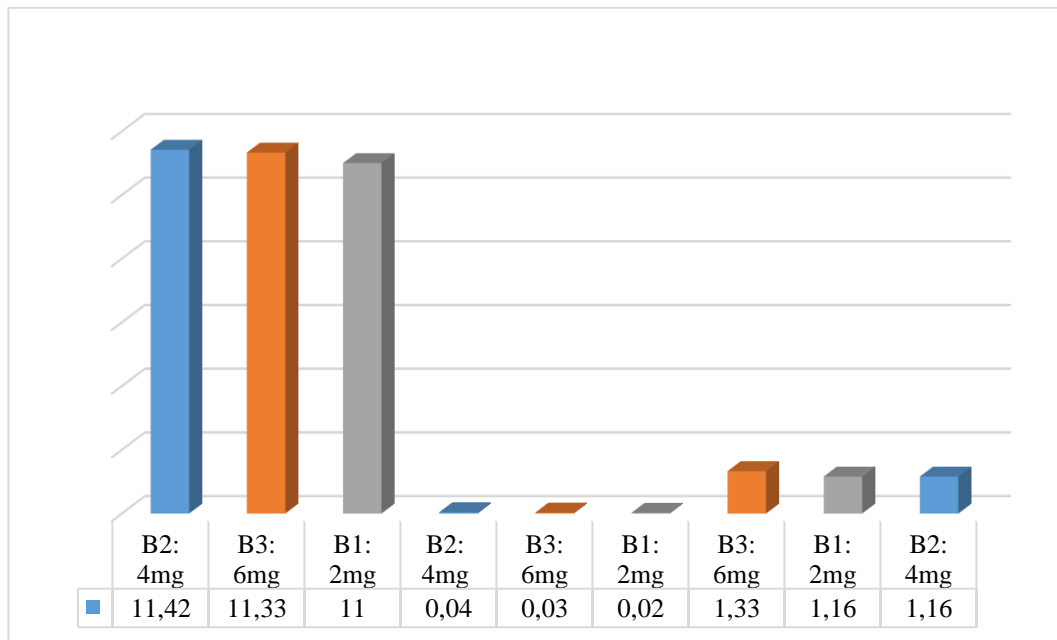


Gráfico N° 6. Promedio del Factor B en las variables días a la brotación, tasa de velocidad de multiplicación y número de frascos contaminados. Laguacoto II, 2024.

Análisis e interpretación

De acuerdo a los resultados estadísticos obtenidos para la variable días a la brotación en el laboratorio no se determinaron diferencias estadísticas significativas como efecto en las dosis de hormonas; es decir los resultados compartieron un mismo rango. Se obtuvo una media general de 11,33 (11) días y un valor del coeficiente de variación de 1,97% (Cuadro 6).

El número de días a la brotación en el cultivo in vitro de teca depende de una serie de factores. Se pueden obtener mejores resultados de brotación utilizando genotipos de teca con alta capacidad de brotación, optimizando la composición del medio de cultivo y controlando las condiciones del cultivo. (Rojas & Abdelnour, 2012)

Los resultados obtenidos confirman que las variables evaluadas son características varietales, es decir, dependen de la variedad específica de la especie estudiada. Además, estas variables también se ven afectadas por la interacción con el medio de

cultivo, el cual está compuesto por diversos componentes como sales minerales, vitaminas, reguladores de crecimiento, azúcar, agua y agar.

En la variable TVM se determinaron diferencias altamente estadísticas, con una media general de 0,03 explantes/día, con un coeficiente de variación de 23,28% ligeramente alto, pero es válido porque esta variable no está bajo la dependencia del investigador. El factor que obtuvo mayor promedio es el B2: 4mg con 0,04 explantes y el más bajo es el B1: 2mg con 0,02 explantes.

Estos resultados confirman que las variables en estudio son características varietales y tienen dependencia de su interacción con el medio de cultivo utilizado, el mismo que se encuentra compuesto por minerales, vitaminas, reguladores de crecimiento, variedades y características fisiológicas.

En cuanto a la variable número de frascos contaminados (NFC) evaluados no se determinaron diferencias significativas, donde Factor B3: 6 mg/l tiene un rango alto de contaminación con un promedio de 1,33% mientras que el factor con menos promedio se dio en el Factor B2: 4 mg/l con 1,16% de contaminación (Cuadro 6 y Gráfico 6).

La baja tasa de contaminación obtenida en el estudio se atribuye a la implementación de medidas de higiene y asepsia. Es importante destacar que la prevención de la contaminación es un factor crucial para el éxito del cultivo in vitro de plantas. La contaminación causada por diversos tipos de microorganismos, como hongos, bacterias, virus y fitoplasmas, representa uno de los principales problemas en el cultivo de tejidos vegetales (Khanchana et al., 2019).

Es fundamental implementar medidas adecuadas para prevenir y manejar la contaminación microbiana, ya que esta puede ocasionar pérdidas económicas significativas en la industria de cultivo de tejidos. La manipulación incorrecta del material vegetal y la falta de eliminación de plantas contaminadas son factores que contribuyen a este problema.

5.2.1 Número de brotes por explante (NBE)

Cuadro N° 7. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del Factor B (Dosis de Citoquininas y Auxinas) en la variable NBE a los 45 y 90 días. Laguacoto II, 2024.

| Factor B: Dosis | NBE | | | |
|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|-------|
| | 45 días (NS) | | 90 días (**) | |
| | Promedio | Rango | Promedio | Rango |
| B2: 4 mg | 1,75 | A | 3,00 | A |
| B3: 6 mg | 1,41 | A | 2,66 | AB |
| B1: 2 mg | 1,25 | A | 1,91 | B |
| Media General: 1,41 | | Media General: 2,66 | | |
| CV: 17,29 | | CV: 21,95 | | |

Las letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas.

Fuente: (Datos obtenidos en el Laboratorio de Biotecnología,2024)

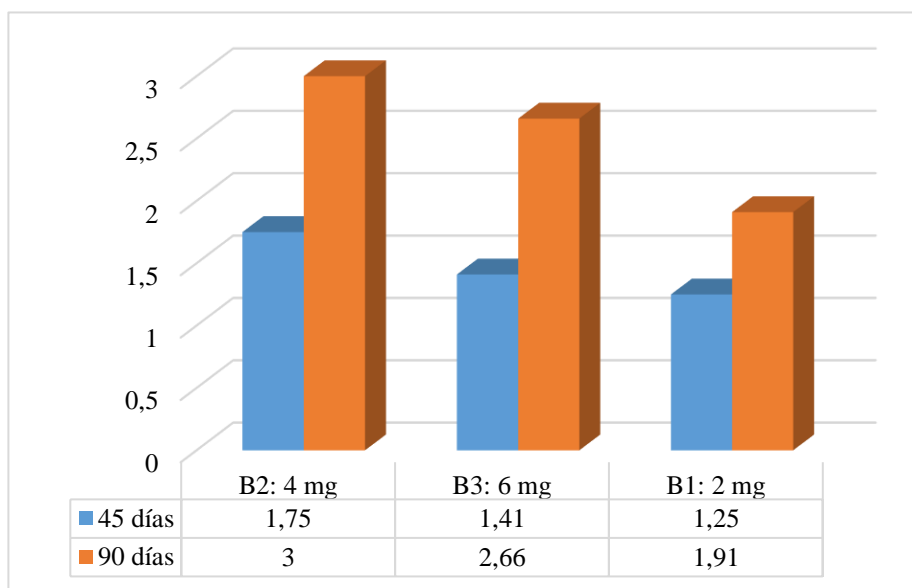


Gráfico N° 7. Promedio del Factor B en la variable número de brotes por explante a los 45 y 90 días. Laguacoto II, 2024.

Análisis e interpretación

Para la variable NBE en relación a la dosis de hormonas a los 45 días, no se determinaron diferencias significativas, con una media general de 1 brote/explante y con un valor del coeficiente de variación de 17,29%. A los 90 días el NBE se determinó diferencias altamente significativas (**), con una media general de 2,66 (3) brotes/explantes y con un valor del coeficiente de variación de 21,95% (Cuadro7).

Al evaluar el NBE a los 45, el promedio más alto correspondió al B2: 4 mg/l, con 1,75 (2) brotes/explante, mientras que el promedio más bajo fue para el B1: 2 mg/l, con 1,25 (1) brote/explante. A los 90 días, el B2: 4 mg/l también mostró el promedio más elevado con 3 brotes/explante, a diferencia del B1: 2 mg/l, que tuvo un promedio de 1,91 (1) brote/explante (Cuadro 7 y Gráfico 7).

La respuesta de las dosis de citoquininas y auxinas en relación a la variable número de brotes por explante a los 90 días, fue muy diferente. Estas tendencias significan que a mayor dosis de hormonas mayor número de brotes por explante.

5.2.2 Número de hojas por brote (NHB)

Cuadro N° 8. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del Factor B (Dosis de Citoquininas y Auxinas) en la variable NHB a los 45 y 90 días. Laguacoto II, 2024.

| NHB | | | | | |
|----------------------------|-----------------|--------------|-----------------------------|-----------------|--------------|
| 45 días (NS) | | | 90 días (**) | | |
| Factor B: Dosis | Promedio | Rango | Factor B: Dosis | Promedio | Rango |
| B1: 2 mg | 7,08 | A | B2: 4 mg | 10,75 | A |
| B2: 4 mg | 7,08 | A | B3: 6 mg | 10,50 | A |
| B3: 6 mg | 6,83 | A | B1: 2 mg | 8,50 | B |
| Media General: 7,08 | | | Media General: 10,50 | | |
| CV: 2,06 | | | CV: 12,43 | | |

Las letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas.

Fuente: (Datos obtenidos en el Laboratorio de Biotecnología,2024)

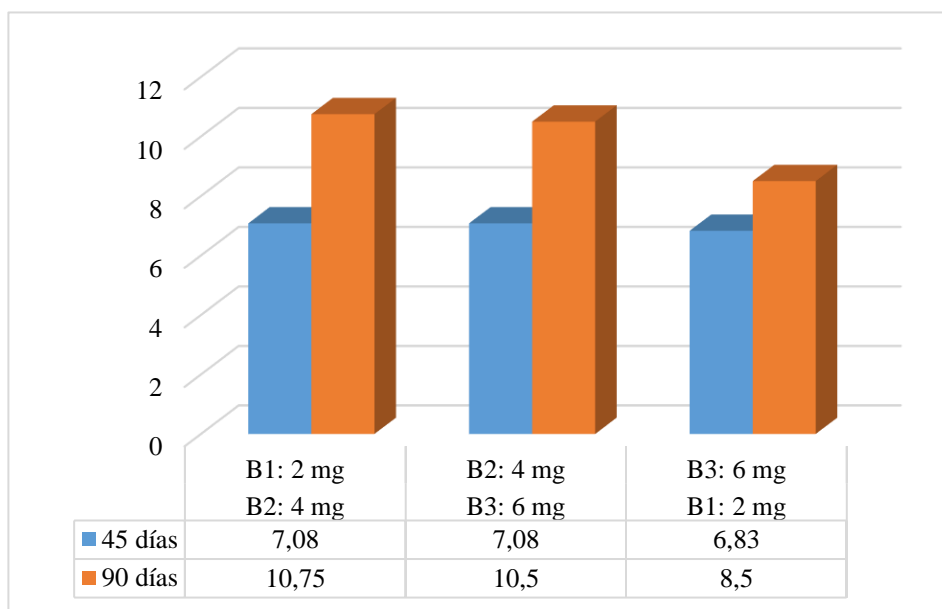


Gráfico N° 8. Promedio del Factor B en la variable número de hojas por brote a los 45 y 90 días. Laguacoto II, 2024.

Análisis e interpretación

Las dosis de citoquininas y auxinas, no incidieron significativamente (NS) a los 45 días sobre la variable número de hojas por brote. A los 90 días se determinó diferencias altamente significativas (Cuadro 8).

Con la prueba de Tukey al 5%, a los 45 días, los promedios superiores se cuantificaron en el B1: 2 mg/l con 7,08 (7) hojas/brote y el promedio más bajo se dio en el B3: 6 mg/l con 6,83 (6) hojas/brote, con una media general de 7,08 (7) hojas/brote y con un coeficiente de variación de 2,06% (Cuadro 8). A los 90 días la respuesta de la dosis de citoquininas y auxinas en la variable NHB fue muy diferente, donde el promedio más alto se dio en el B2: 4 mg/l con 10,75 (11) hojas/brote y el promedio más bajo se dio en el B1: 2 mg/l con 8 hojas/brote; con una media general de 10,50 (10) hojas/brote y con un valor del coeficiente de variación de 12,43% (Cuadro 8 y Gráfico 8).

El NHB es un componente complejo que depende de la interacción entre la genética de la variedad y las condiciones ambientales del laboratorio. La comprensión de esta

interacción es fundamental para optimizar el cultivo in vitro de teca y obtener brotes con un NHB adecuado para su desarrollo y propagación.

En un estudio realizado por (Pérez et al. 2023), se encontró que la variedad de teca (*Tectona grandis*) tenía un NHB significativamente mayor que otras variedades cuando se cultivaba en condiciones de temperatura y humedad controlada.

5.2.3 Altura de brote (AB)

Cuadro N° 9. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del Factor B (Dosis de Citoquininas y Auxinas) en la variable AB a los 45 y 90 días. Laguacoto II. 2024.

| AB | | | | | |
|----------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|-----------------|--------------|
| 45 días (NS) | | | 90 días (*) | | |
| Factor B: Dosis | Promedio | Rango | Factor B: Dosis | Promedio | Rango |
| B2: 4 mg | 2,33 | A | B2: 4 mg | 3,75 | A |
| B1: 2 mg | 2,16 | A | B3: 6 mg | 3,50 | AB |
| B3: 6 mg | 2,08 | A | B1: 2 mg | 2,66 | B |
| Media General: 2,16 | | | Media General: 4,46 | | |
| CV: 5,80 | | | CV: 12,29 | | |

Las letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas.

Fuente: (Datos obtenidos en el Laboratorio de Biotecnología,2024)

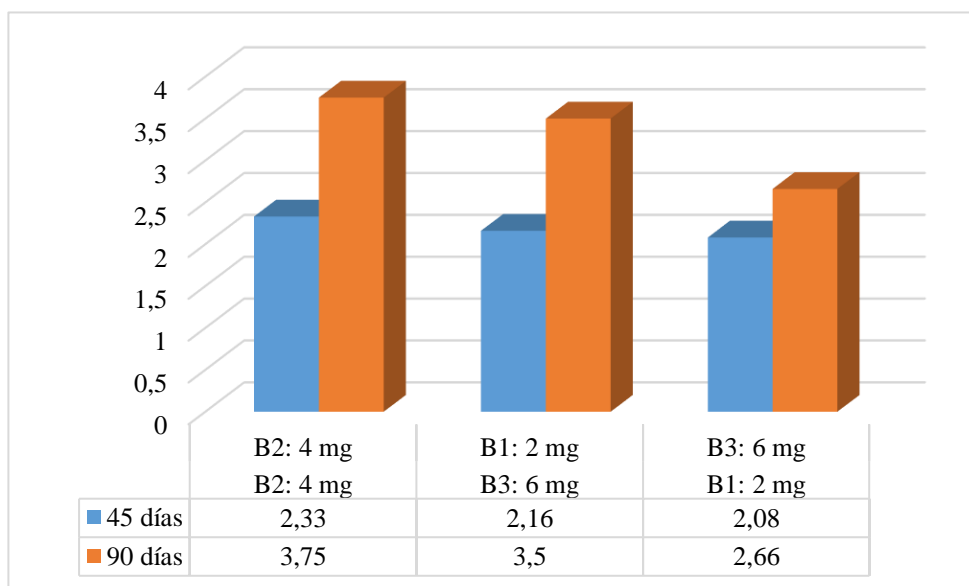


Gráfico N° 9. Promedio del Factor B en la variable altura del brote a los 45 y 90 días. Laguacoto II, 2024.

Análisis e interpretación

El efecto de la dosis de Citoquininas y Auxinas en relación a la variable AB a los 45 días fue no significativo. Mientras que a los 90 días fue significativo al 5% (Cuadro 9).

Con la prueba de Tukey al 5%, se observa que en la variable Altura del brote a los 45 días sobresale el B2: 4 mg/l con un promedio de 2,33 cm y el factor con menos promedio fue el B1: 2 mg/l con 2,08 cm, mientras que a los 90 días sigue sobresaliendo el B2: 4 mg/l con un promedio de 3,75 cm siendo estos porcentajes altos que influyeron en la dosificación para el crecimiento de los brotes por explantes en estudio (Cuadro 9 y Gráfico 9).

La variable AB es un indicador importante del desarrollo de las plantas in vitro y está influenciada por una compleja interacción de factores genéticos, ambientales y nutricionales. La aplicación de citoquininas y auxinas, junto con otros factores, juega un papel importante en la obtención de brotes con una altura adecuada.

La Kinetina, como citoquinina, puede ser una herramienta útil para aumentar el AB, pero su uso debe ser preciso y estar basado en el conocimiento de su interacción con otros factores.

5.2.4 Longitud del brote (LB)

Cuadro N° 10. Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del Factor B (Dosis de Citoquininas y Auxinas) en la variable LB a los 45 y 90 días. Laguacoto II, 2024.

| LB (NS) | | | | |
|----------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|--------------|
| Factor B: Dosis | 45 días | | 90 días | |
| | Promedio | Rango | Promedio | Rango |
| B1: 2 mg | 1,30 | A | 1,68 | A |
| B3: 6 mg | 1,15 | A | 1,65 | A |
| B2: 4 mg | 1,13 | A | 1,44 | A |
| Media General: 1,15 | | | Media General: 1,65 | |
| CV: 7,78 | | | CV: 8,22 | |

Las letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas.

Fuente: (Datos obtenidos en el Laboratorio de Biotecnología,2024)

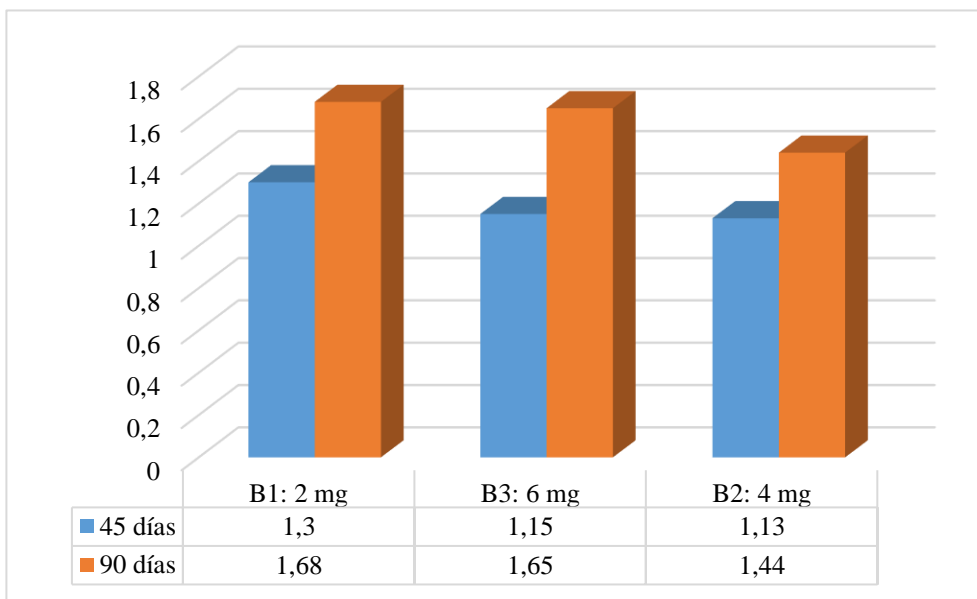


Gráfico N° 10. Promedio del Factor B en la variable longitud del brote a los 45 y 90 días. Laguacoto II, 2024.

Análisis e interpretación

La respuesta agronómica para la dosis de citoquininas y auxinas en relación a la variable longitud de brote a los 45 y 90 días, no se determinaron diferencias significativas (Cuadro 10).

Con la prueba de Tukey al 5% a los 45 días el promedio más elevado tuvo B1: 2 mg/l con 1,3 cm y el más bajo es el B2: 4 mg/l con 1,13 cm de longitud del brote. Se observó que a los 90 días el promedio más elevado es el B1: 2 mg/l con 1,68 cm y el más bajo es el B2: 4 mg/l con 1,44 cm (Cuadro 10 y Gráfico 10). Los valores calculados del coeficiente de variación a través del tiempo, estuvieron menores al 20%, lo que significa que esta variable cuantitativa continua como es la longitud del brote fue bien medida y estuvo bajo el control del investigador.

La dosificación de hormonas que se estableció para cada variable ayudo al desarrollo y formación de cada una de las variables en estudio. El buen cuidado en condiciones asépticas ayuda al crecimiento de cada uno de los explantes dando como resultado

mayor número de explantes, longitud del brote y por ende formación de hojas normalmente.

La BAP es una citoquinina eficaz para estimular el crecimiento del brote, incluyendo la longitud del brote. Sin embargo, es importante considerar diversos factores para optimizar su aplicación en el cultivo in vitro (Rodríguez, 2023).

5.3 Interacción de factores Tipo de Citoquininas y Auxinas por Dosis de Hormonas (A*B)

Cuadro N° 11. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores Tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en las variables: Días a la brotación (DB), Tasa de velocidad de multiplicación (TVM) y Número de frascos contaminados (NFC).

| DB (NS) | | | TVM (**) | | | NFC (NS) | | |
|-------------------------------------|----------|-------|----------------------------|----------|-------|----------------------------|----------|-------|
| Tratamiento | Promedio | Rango | Trat. No. | Promedio | Rango | Trat. No. | Promedio | Rango |
| T11: Ácido Naftalenacético + 4 mg/l | 12,33 | A | T11 | 0,04 | A | T3 | 1,66 | A |
| T9: Ácido IndolButírico + 6 mg/l | 12,33 | A | T12 | 0,03 | AB | T6 | 1,66 | A |
| T8: Ácido IndolButírico + 4 mg/l | 12,33 | A | T5 | 0,03 | AB | T7 | 1,66 | A |
| T5: Kinetina + 4 mg/l | 12,00 | A | T8 | 0,03 | AB | T5 | 1,33 | A |
| T6: Kinetina + 6 mg/l | 12,00 | A | T10 | 0,03 | AB | T8 | 1,33 | A |
| T7: Ácido IndolButírico + 2 mg/l | 12,00 | A | T2 | 0,02 | AB | T9 | 1,00 | A |
| T12: Ácido Naftalenacético + 6 mg/l | 11,67 | A | T3 | 0,02 | AB | T10 | 1,00 | A |
| T4: Kinetina + 2 mg/l | 11,67 | A | T6 | 0,02 | AB | T11 | 1,00 | A |
| T10: Ácido Naftalenacético + 2 mg/l | 10,67 | A | T9 | 0,02 | AB | T12 | 1,00 | A |
| T1: Bencil amino purina + 2 mg/l | 9,67 | A | T4 | 0,02 | AB | T1 | 1,00 | A |
| T3: Bencil amino purina + 6 mg/l | 9,33 | A | T7 | 0,02 | AB | T2 | 1,00 | A |
| T2: Bencil amino purina + 4 mg/l | 9,00 | A | T1 | 0,01 | B | T4 | 1,00 | A |
| Media General: 11,84 | | | Media General: 0,02 | | | Media General: 1,00 | | |
| CV: 11,09 | | | CV: 29,98 | | | CV: 24,20 | | |

NS: No significativo.

*Significativo al 5%.

**Altamente significativo al 1%.

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

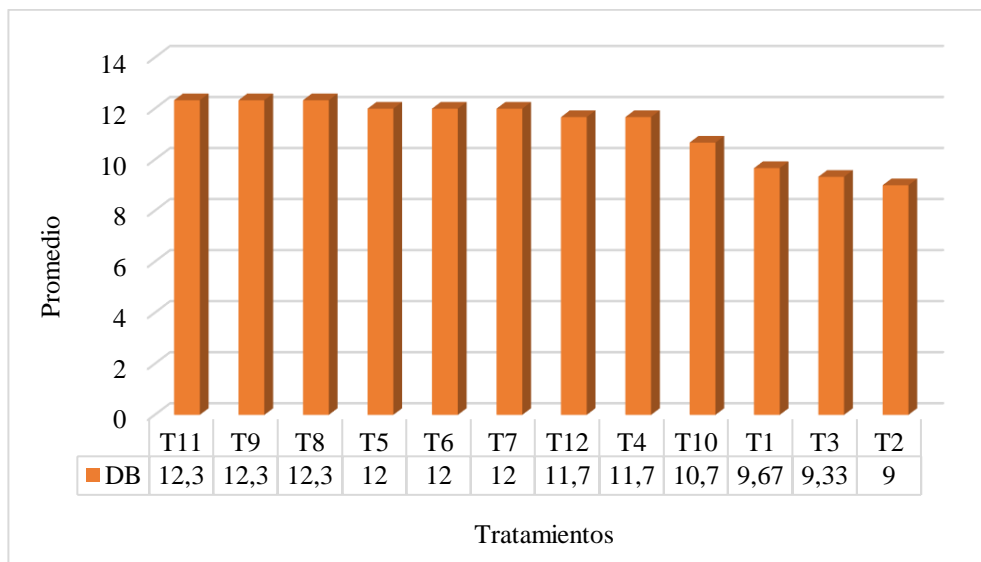


Gráfico N° 11. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar los tratamientos de la interacción de factores tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en la variable: Días a la brotación (DB).

Análisis e interpretación

Para la interacción de A*B en la variable DB, no se determinaron diferencias significativas, con una media general de 11,84 (11) días y con un valor del coeficiente de variación de 11,09% (Cuadro 11).

Mediante la prueba de Tukey al 5%, se demostró que el tratamiento con más alto promedio, es decir con más días en brotación está dado en el T11, T9 y T8 con un promedio de 12,33 días, mientras, que el tratamiento con más bajo promedio en cuanto a esta variable estuvo dado en el T2 con un promedio de 9 días (Cuadro 11 y Gráfico 11). La variable en estudio DB dependió de los medios asépticos en las que fue desarrollado y el contenido de macro y micro nutrientes.

Diversas investigaciones han demostrado que la citoquinina BAP juega un papel crucial en la brotación del rizoma y el crecimiento in vitro de las plantas de teca. En un estudio realizado por Pérez et al. (2023), se encontró que la BAP a concentraciones de 2 mg/l y 4 mg/l promovió significativamente la brotación del rizoma de teca. La BAP

induce la división celular y la diferenciación de los meristemos, dos procesos esenciales para la brotación del rizoma y el desarrollo de nuevos brotes.

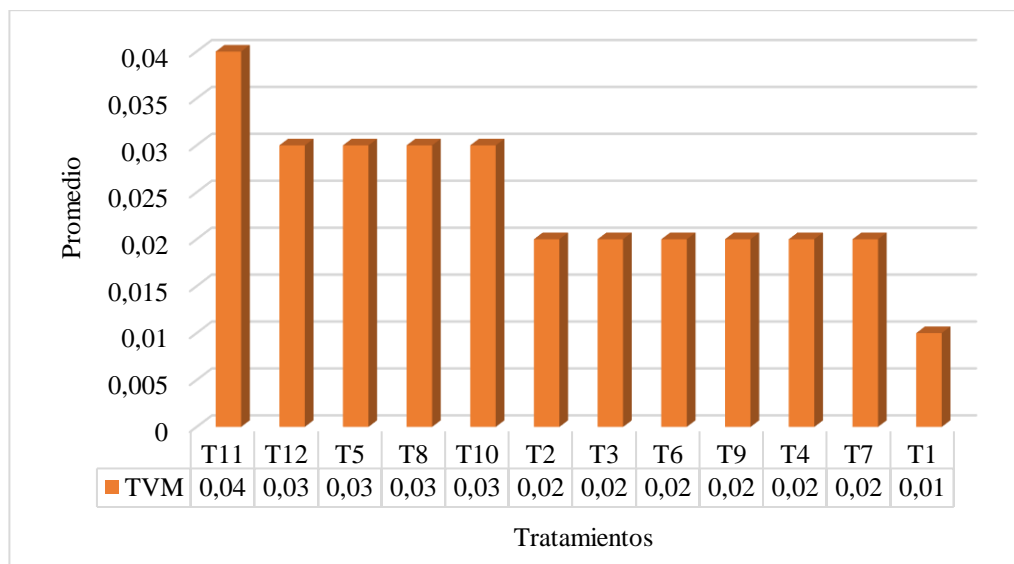


Gráfico N° 12. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar los tratamientos de la interacción de factores tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en la variable: Tasa de velocidad de multiplicación (TVM).

Análisis e interpretación

Para la variable TVM en la interacción de A*B, se determinó una dependencia altamente significativa (**). La mayor tasa de velocidad de multiplicación se registró en el tratamiento T11 con 0,04 explantes/día, a diferencia del T1 con 0,01 explantes/día (Cuadro 11 y Gráfico 12).

Estos resultados confirman que las variables en estudio son características varietales y tienen dependencia de su interacción con el medio de cultivo utilizado, el mismo que se encuentra compuesto por minerales, vitaminas, reguladores de crecimiento, variedades y características fisiológicas.

La tasa de velocidad de multiplicación en cultivo in vitro de teca es un indicador importante del éxito del proceso. Esta tasa se refiere al número de brotes o plantas que

se generan a partir de un explante inicial en un período de tiempo determinado. La tasa de velocidad de multiplicación en cultivo in vitro de teca depende de una serie de factores. Se pueden obtener mejores tasas de multiplicación utilizando genotipos de teca con alta capacidad de multiplicación, optimizando la composición del medio de cultivo, controlando las condiciones del cultivo y utilizando técnicas de cultivo adecuadas (Kaviani, 2015).

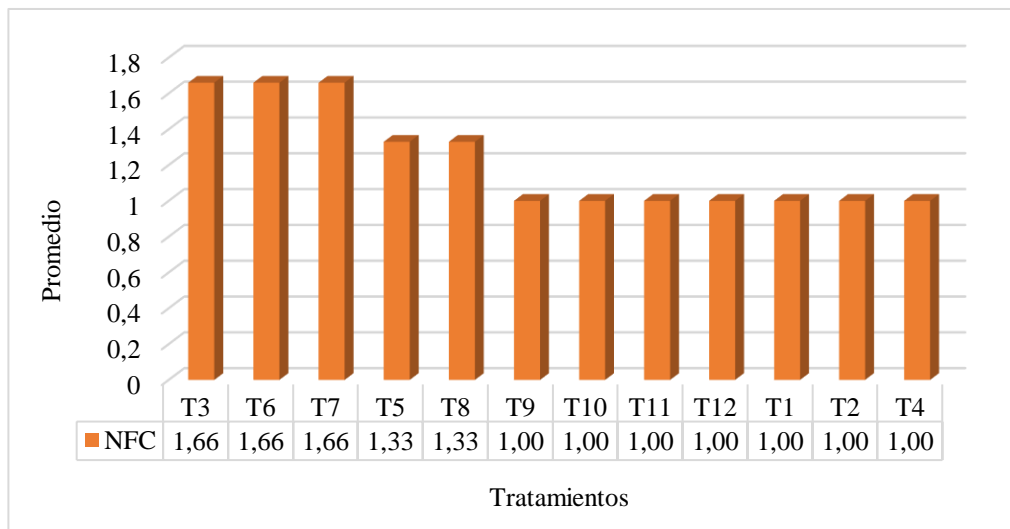


Gráfico N° 13. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar los tratamientos de la interacción de factores tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en la variable: Número de frascos contaminados (NFC).

Análisis e interpretación

En cuanto a la variable NFC, no se demostraron diferencias significativas, como efecto de la interacción de A*B con una media general de 1% y con un valor del coeficiente de variación de 24,20% (Cuadro 11). Efectivamente los valores de CV son altos lo que indican que existió una alta variabilidad de los datos por tratamiento y repetición.

De acuerdo con la prueba de Tukey al 5% los tratamientos que demostraron los mayores promedios en cuanto a esta variable fue T3, T6 y T7, mientras que los

tratamientos con menor contaminación, se dieron en los tratamientos T9, T10, T11, T12, T1, T2 y T4 (Cuadro 11 y Gráfico 13).

La contaminación fúngica es un problema común en los laboratorios de biotecnología, y puede deberse a una variedad de factores, incluyendo la incorrecta manipulación de los materiales, la contaminación de los instrumentos o la presencia de esporas de hongos en el aire (Melgar, 2014).

Cuadro N° 12. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores Tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en la variable: Número de brotes pos explantes (NBE) a los 45 y 90 días.

| NBE 45 días (NS) | | | NBE 90 días (**) | | |
|-------------------------------------|----------|-------|----------------------------|----------|-------|
| Tratamiento No. | Promedio | Rango | Trat. No. | Promedio | Rango |
| T11: Ácido Naftalenacético + 4 mg/l | 2,33 | A | T5 | 3,33 | A |
| T5: Kinetina + 4 mg/l | 1,67 | A | T11 | 3,33 | A |
| T8: Ácido IndolButírico + 4 mg/l | 1,67 | A | T12 | 3,33 | A |
| T10: Ácido Naftalenacético + 2 mg/l | 1,67 | A | T8 | 3,00 | AB |
| T12: Ácido Naftalenacético + 6 mg/l | 1,67 | A | T6 | 2,67 | AB |
| T2: Bencil amino purina + 4 mg/l | 1,33 | A | T10 | 2,67 | AB |
| T3: Bencil amino purina + 6 mg/l | 1,33 | A | T2 | 2,33 | AB |
| T4: Kinetina + 2 mg/l | 1,33 | A | T3 | 2,33 | AB |
| T6: Kinetina + 6 mg/l | 1,33 | A | T9 | 2,33 | AB |
| T9: Ácido IndolButírico + 6 mg/l | 1,33 | A | T4 | 2,00 | AB |
| T1: Bencil amino purina + 2 mg/l | 1,00 | A | T7 | 1,67 | AB |
| T7: Ácido IndolButírico + 2 mg/l | 1,00 | A | T1 | 1,33 | B |
| Media General: 1,33 | | | Media General: 2,50 | | |
| CV: 24,58 | | | CV: 26,04 | | |

NS: No significativo.

*Significativo al 5%.

**Altamente significativo al 1%.

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

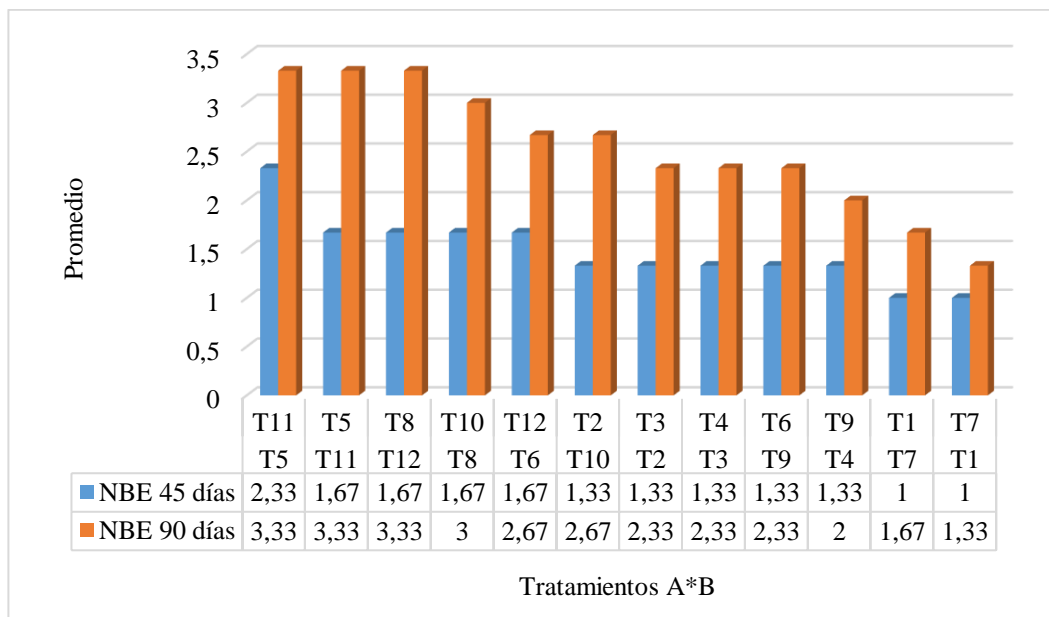


Gráfico N° 14. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar los tratamientos de la interacción de factores tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en la variable: Número de brotes por explante a los 45 y 90 días.

Análisis e interpretación

En cuanto a la variable número de brotes por explante, a los 45 días no se determinaron diferencias significativas (NS), en cambio a los 90 días existió una dependencia altamente significativa (**), entre los factores tipos y dosis de hormonas (Cuadro 12 y Gráfico 14).

Con la prueba de Tukey al 5%, al comparar los promedios de NBE, evaluado a los 45 días, el tratamiento que presentó un mayor promedio es T11 con 2,33 (2) brotes/explante y el tratamiento que presentó menor promedio es el T7 con 1 brote/explante, con una media general de 1,33 (1) brote/explante y un valor del coeficiente de variación con 24,58%. A los 90 días el tratamiento que presentó un mayor promedio es el T5, T11 y T12 con 3,33 (3) brotes/explantes y el tratamiento que presentó menor promedio es el T1 con 1,33 (1) brote/explante, con una media general

de 2,50 (2) brote/explante y con un valor del coeficiente de variación de 26,04% (Cuadro 12 y Gráfico 14).

El número de brotes por explante depende de las condiciones asépticas en las que se desarrolla y del contenido de macro y micronutrientes con los que se fórmula el medio de cultivo. Esto indica su desarrollo y formación a los 45 y 90 días. Las citoquininas y auxinas son dos tipos de hormonas vegetales que juegan un papel crucial en la multiplicación in vitro de la teca. Ambas interactúan de forma compleja para regular la morfogénesis, especialmente la formación de brotes a partir de explantes. Un exceso de auxinas puede inhibir la acción de las citoquininas, mientras que un exceso de citoquininas puede generar brotes sin raíces. El éxito de la multiplicación in vitro depende de encontrar el equilibrio adecuado entre citoquininas y auxinas en el medio de cultivo (Jordán, 2019).

La interacción entre citoquininas y auxinas a los 90 días de tratamiento es fundamental para maximizar el número de brotes por explante. Esta sinergia hormonal, combinada con un desarrollo óptimo de las plantas, permite que ambas hormonas actúen de manera complementaria. Como resultado, se logra un crecimiento vegetativo más eficiente y una mayor producción de brotes.

Cuadro N° 13. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores Tipos de hormonas por Dosis de Citoquininas y Auxinas en a variable: Número de hojas por brote (NHB) a los 45 y 90 días.

| NHB 45 días (NS) | | | NHB 90 días (**) | | |
|-------------------------------------|----------|-------|-----------------------------|----------|-------|
| Tratamiento No. | Promedio | Rango | Trat. No. | Promedio | Rango |
| T4: Kinetina + 2 mg/l | 8,00 | A | T5 | 12,00 | A |
| T5: Kinetina + 4 mg/l | 8,00 | A | T3 | 11,00 | AB |
| T6: Kinetina + 6 mg/l | 7,00 | A | T8 | 11,00 | AB |
| T7: Ácido IndolButírico + 2 mg/l | 7,00 | A | T9 | 11,00 | AB |
| T8: Ácido IndolButírico + 4 mg/l | 7,00 | A | T2 | 10,00 | ABC |
| T9: Ácido IndolButírico + 6 mg/l | 7,00 | A | T6 | 10,00 | ABC |
| T10: Ácido Naftalenacético + 2 mg/l | 7,00 | A | T11 | 10,00 | ABC |
| T11: Ácido Naftalenacético + 4 mg/l | 7,00 | A | T12 | 10,00 | ABC |
| T12: Ácido Naftalenacético + 6 mg/l | 7,00 | A | T4 | 9,00 | BC |
| T3: Bencil amino purina + 6 mg/l | 6,33 | A | T1 | 9,00 | BC |
| T2: Bencil amino purina + 4 mg/l | 6,33 | A | T10 | 8,00 | C |
| T1: Bencil amino purina + 2 mg/l | 6,33 | A | T7 | 8,00 | C |
| Media General: 7,00 | | | Media General: 10,00 | | |
| CV: 7,86 | | | CV: 12,50 | | |

NS: No significativo.

*Significativo al 5%.

**Altamente significativo al 1%.

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

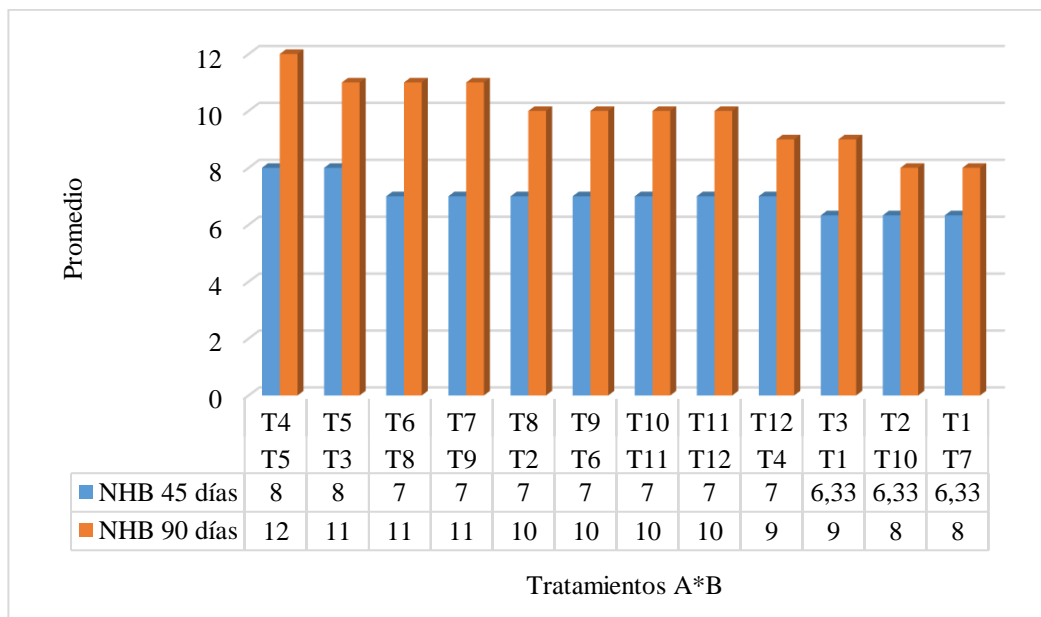


Gráfico N° 15. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar los tratamientos de la interacción de factores tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en la variable: Número de hojas por brote a los 45 y 90 días.

Análisis e interpretación

Se determinó una dependencia de factores altamente significativa en la variable NHB a los 90 días (Cuadro 13); es decir la respuesta de los tipos de hormonas en cuanto a la variable NHB, dependió de la dosis de citoquininas y auxinas.

Mientras que, para el NHB a los 45 días, la respuesta de los tipos de hormonas no dependió de la dosis de citoquininas y auxinas.

Con la Prueba de Tukey al 5%, a los 45 días, los valores promedios más altos del NHB, se registró en el tratamiento T4 y T5 con 8 hojas/brote, mientras tanto que el menor promedio se obtuvo en el T3, T2 y T1 con 6,33 (6) hojas/brote (Cuadro 13 y Gráfico 15).

Al evaluar el NHB a los 90 días, los resultados de la prueba de Tukey al 5%, los valores más altos se registraron en el tratamiento T5 con 12 hojas/brote, mientras que en el T7

se registró el promedio más bajo con 8 hojas/brotes, con una media general de 10 hojas/brote y con un coeficiente de variación de 12,50% (Cuadro 13 y Gráfico 15).

El Número de Hojas por Brote (NHB) es una variable intrínseca a cada variedad de planta y presenta una interacción dinámica con el ambiente en el que se cultiva. La respuesta de un explante a las condiciones del medio de cultivo varía según su genotipo. Algunos genotipos pueden ser más sensibles a las variaciones hormonales o a la concentración de nutrientes, mientras que otros pueden ser más tolerante.

Cuadro N° 14. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores Tipos de hormonas por Dosis de Citoquininas y Auxinas en la variable: Altura de brote a los 45 y 90 días.

| AB 45 días (NS) | | | AB 90 días (NS) | | |
|-------------------------------------|----------|-------|----------------------------|----------|-------|
| Tratamiento No. | Promedio | Rango | Trat. No. | Promedio | Rango |
| T5: Kinetina + 4 mg/l | 3,11 | A | T11 | 4,77 | A |
| T4: Kinetina + 2 mg/l | 2,75 | A | T12 | 4,59 | A |
| T10: Ácido Naftalenacético + 2 mg/l | 2,72 | A | T8 | 4,24 | A |
| T12: Ácido Naftalenacético + 6 mg/l | 2,68 | A | T5 | 4,24 | A |
| T8: Ácido IndolButírico + 4 mg/l | 2,65 | A | T2 | 4,03 | A |
| T11: Ácido Naftalenacético + 4 mg/l | 2,61 | A | T3 | 3,95 | A |
| T9: Ácido IndolButírico + 6 mg/l | 2,43 | A | T6 | 3,91 | A |
| T6: Kinetina + 6 mg/l | 2,39 | A | T9 | 3,89 | A |
| T1: Bencil amino purina + 2 mg/l | 2,27 | A | T4 | 3,32 | A |
| T2: Bencil amino purina + 4 mg/l | 2,21 | A | T7 | 3,27 | A |
| T3: Bencil amino purina + 6 mg/l | 2,08 | A | T1 | 3,18 | A |
| T7: Ácido IndolButírico + 2 mg/l | 2,02 | A | T10 | 3,06 | A |
| Media General: 2,51 | | | Media General: 3,92 | | |
| CV: 12,76 | | | CV: 14,45 | | |

NS: No significativo.

*Significativo al 5%.

**Altamente significativo al 1%.

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

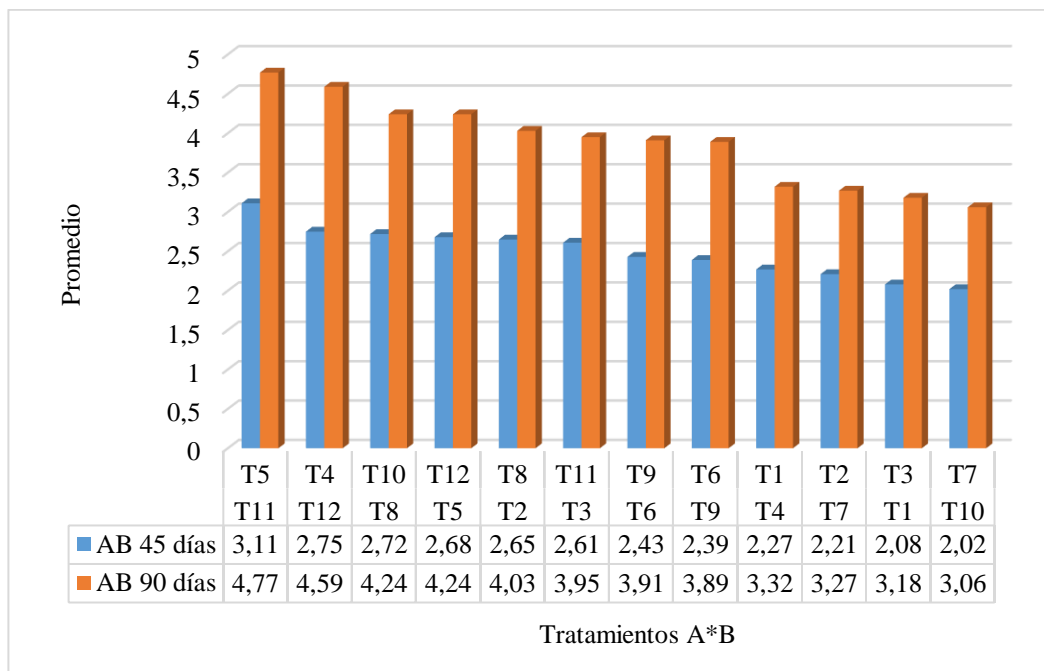


Gráfico N° 16. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar los tratamientos de la interacción de factores tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en la variable: Altura brote a los 45 y 90 días.

Análisis e interpretación

La respuesta de la variable AB a los 45 y 90 días, no se determinaron diferencias significativas (Cuadro 14). En esta variable a los 45 días se obtuvo una media general de 2,51 cm y un valor del coeficiente de variación de 12,76% y a los 90 días se obtuvo una media general de 3,92 cm con un coeficiente de variación de 14,45%.

De acuerdo con la prueba de Tukey al 5% a los 45 días, el tratamiento con mayor promedio fue el T5 con un promedio de 3,11 cm de altura, por otro lado, el tratamiento T7 con 2,02 cm, mostró la menor altura de brotes. A los 90 días, el tratamiento con mayor promedio de altura fue T11 con 4,77 cm., el tratamiento T10 presentó la menor altura de brote con 3,06 cm (Cuadro 14 y Gráfico 16).

Las respuestas de los tratamientos se asociaron a las distintas concentraciones de elementos específicos, la relación entre diferentes componentes del medio de cultivo o los distintos compuestos orgánicos utilizados.

Las concentraciones de sales son importantes para la elongación, especialmente en el medio de cultivo de inducción previo, más que en el de elongación. El nitrógeno reducido y el calcio son elementos beneficiosos para la elongación. (Zanella et al., 2018)

Cuadro N° 15. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores Tipos de hormonas por Dosis de Citoquininas y Auxinas en la variable: Longitud de brote a los 45 y 90 días.

| LB 45 días (NS) | | | LB 90 días (NS) | | |
|-------------------------------------|----------|-------|----------------------------|----------|-------|
| Tratamiento No. | Promedio | Rango | Trat. No. | Promedio | Rango |
| T6: Kinetina + 6 mg/l | 1,50 | A | T9 | 1,90 | A |
| T4: Kinetina + 2 mg/l | 1,47 | A | T10 | 1,87 | A |
| T1: Bencil amino purina + 2 mg/l | 1,40 | A | T1 | 1,83 | A |
| T10: Ácido Naftalenacético + 2 mg/l | 1,33 | A | T6 | 1,73 | A |
| T5: Kinetina + 4 mg/l | 1,27 | A | T4 | 1,67 | A |
| T8: Ácido IndolButírico + 4 mg/l | 1,17 | A | T12 | 1,60 | A |
| T11: Ácido Naftalenacético + 4 mg/l | 1,13 | A | T8 | 1,60 | A |
| T12: Ácido Naftalenacético + 6 mg/l | 1,13 | A | T11 | 1,43 | A |
| T9: Ácido IndolButírico + 6 mg/l | 1,10 | A | T3 | 1,37 | A |
| T7: Ácido IndolButírico + 2 mg/l | 1,00 | A | T2 | 1,37 | A |
| T2: Bencil amino purina + 4 mg/l | 0,93 | A | T5 | 1,37 | A |
| T3: Bencil amino purina + 6 mg/l | 0,87 | A | T7 | 1,33 | A |
| Media General: 1,15 | | | Media General: 1,60 | | |
| CV: 17,28 | | | CV: 13,37 | | |

NS: No significativo.

*Significativo al 5%.

**Altamente significativo al 1%.

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

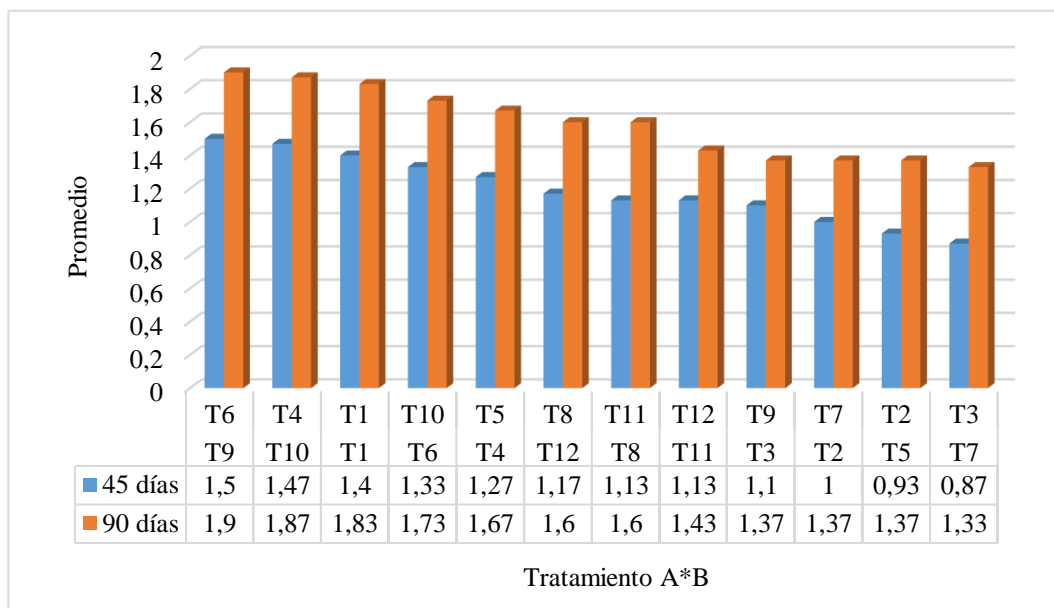


Gráfico N° 17.Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar los tratamientos de la interacción de factores tipos de hormonas por dosis de Citoquininas y Auxinas (A*B) en la variable: Longitud de brote a los 45 y 90 días.

Análisis e interpretación

La respuesta de la variable LB a los 45 y 90 días, no se determinaron diferencias significativas (Cuadro 15). En cuanto a la variable LB a los 45 días presentó una media general de 1,15 cm y coeficiente de variación de 17,28% y a los 90 días una media general de 1,60 cm y un coeficiente de variación de 13,37% (Cuadro 15).

De acuerdo a los resultados con la prueba de Tukey al 5% en cuanto a la variable longitud de brotes a los 45 días evaluados se demostró que el promedio más alto es el T6 con 1,5 cm y el promedio más bajo se dio en el T3 con 0,87 cm. A los 90 días evaluados se demostró que el promedio más alto fue el T9 con 1,9 cm y el promedio más bajo se obtuvo del T7 con 1,33 cm (Cuadro 15 y Gráfico 17).

La longitud del brote o altura de las plantas es una de las variables más importantes en la reproducción in vitro. Esta variable depende de la calidad del medio de cultivo en el

que se desarrollaron los explantes y de los cuidados sanitarios durante la preparación del mismo.

Un medio de cultivo de alta calidad, con la composición nutricional adecuada y libre de contaminantes, proporciona las condiciones óptimas para el crecimiento y elongación de los brotes. Por otro lado, la aplicación de buenas prácticas de asepsia y esterilidad durante la preparación del medio de cultivo evita la introducción de agentes patógenos que puedan afectar el desarrollo normal de los explantes.

5.4 Análisis de correlación y regresión lineal

Cuadro N° 16. Análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (Xs) que tuvieron una estrechez y asociación significativa sobre la tasa de velocidad de multiplicación. Laguacoto II, 2024.

| Tasa de velocidad de multiplicación (Xs) | Coefficiente de Correlación (r) | Coefficiente de regresión (b) | Coefficiente de determinación (R ² %) |
|--|---------------------------------|-------------------------------|--|
| Número de brotes/explante 90 días | 0,90** | 66,16** | 59 |
| Altura de brote 90 días | 0,80** | 59,75* | 47 |

*= Significativo al 5%

** = Altamente significativo al 1%

✓ Coeficiente de correlación (r)

En esta investigación las variables independientes que tuvieron una relación positiva significativa con la tasa de velocidad de multiplicación fueron: número de brotes/explante a los 90 días y altura de brotes a los 90 días (Cuadro 16).

✓ Coeficiente de regresión (b)

En este ensayo las variables independientes que incrementaron la tasa de velocidad de multiplicación fueron número de brotes/explante a los 90 días y altura de brotes a los 90 días; es decir valores más altos de estos componentes, significó una mayor tasa de velocidad de multiplicación (Cuadro 16).

✓ Coeficiente de determinación (R^2)

En este ensayo el 59% de incremento de la tasa de velocidad de multiplicación fue debido a los valores más altos del Número de brotes/explante a los 90 días; la Altura de brotes a los 90 días contribuyó con el 47% del incremento. (Cuadro 16).

VI. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

En cuanto a los datos evaluados dentro de las características agronómicas y estadísticas en base a los resultados obtenidos dentro de esta investigación rechazo la hipótesis alterna y acepto la hipótesis nula debido a que en la mayoría de las variables no se determinaron diferencias significativas, es decir que la respuesta de los explantes de tecla no depende del tipo y dosis de las citoquininas y auxinas.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Una vez realizado el análisis de los resultados se sintetizan las siguientes conclusiones:

- ✓ La respuesta de los explantes de teca (*Tectona grandis*) en relación de los tipos de hormonas y dosis, aplicadas para la propagación in vitro, fue diferente en la mayoría de las variables evaluadas.
- ✓ En cuanto al Factor A, la hormona Ácido Naftalenacético alcanza una TVM de 0,03 explantes/día; 3 brotes/explante; 9 hojas/brote; una altura de 3,66 cm y una longitud de 1,63 cm.
- ✓ La Citoquinina que alcanzó los mejores promedios para la formación y desarrollo del explante es la Kinetina (A2), la cual registró 10 hojas/brote.
- ✓ En el Factor B, la dosis que más resalto dentro del medio de cultivo es 4 mg/l con 3 brotes/explante; 11 hojas/brote y 3,75 cm de altura evaluado a los 90 días.
- ✓ En la interacción de A*B la mayor TVM de 0,04 explantes/días se dio en el tratamiento T11: Ácido Naftalenacético en dosis de 4 mg/l, con 3 brotes/explante y una altura de 4,77 cm. En el tratamiento T5: Kinetina en dosis de 4 mg/l se dio el mayor promedio con 12 hojas/brote a los 90 días. Referente a la variable longitud del brote con 1,90 cm percutió en el tratamiento Ácido IndolButírico en dosis de 6 mg/l.
- ✓ En el análisis de correlación y regresión lineal los componentes que incrementaron significativamente la tasa de velocidad de multiplicación, fueron en un 59% en el número de brotes por explantes y un 47% altura de brotes.

7.2 Recomendaciones

En base a las diferentes conclusiones obtenidas de la presente investigación se hacen las siguientes recomendaciones.

- ✓ Para obtener plántulas de (*Tectona grandis*) se recomienda la propagación in vitro ya que es una técnica altamente recomendada para obtener plántulas de alta calidad.
- ✓ Ajustar el pH del medio entre 5,6 - 5,7 antes del autoclavado para asegurar un ambiente adecuado para el crecimiento celular.
- ✓ Emplear el medio de cultivo Murashige y Skoog (MS), que es ampliamente utilizado para la propagación in vitro. Se recomienda enriquecerlo con 6-bencilaminopurina (6-BAP) y auxinas como el ácido indolbutírico (AIB) para mejorar la multiplicación y el enraizamiento.
- ✓ Incluir un tratamiento testigo absoluto con 0 mg/l, esto permitirá comparar de manera efectiva la eficiencia y eficacia de los diferentes tipos y dosis de hormonas utilizadas.
- ✓ Es crucial mantener un ambiente libre de contaminantes a través de una desinfección rigurosa del laboratorio y monitoreo regular del ambiente para prevenir la contaminación por patógenos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acero Godoy, J., Alcántara Cortés, J. D., & Sánchez Mora, R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17 (32).
- Ahumada Rondón, A. J. (2017). Propagación sexual de *Tectona grandis*
https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1716/T016_43683046_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Alava, J. A. (2021). Universidad Estatal Del Sur De Manabí. Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2939/1/Andrea_Garc%C3%ADa.pdf
- Alcantara, J., Acero, J., Alcantara, J., & Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17 (32).
- Aldaz, C. A. (2019). Aplicación de los principios, criterios e indicadores del FSC para la certificación de una unidad de manejo forestal en el cantón Ventanas.
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4090/1/T-UTEQ-112.pdf>
- Antama, F. (2017). La hormona vegetal citoquinina regula el crecimiento y desarrollo de las plantas. <https://fundacion-antama.org/la-hormona-vegetal-citoquinina-regula-el-crecimiento-y-desarrollo-de-las-plantas/>
- BioplanInVitro, 2019. Micropropagación de plantas. Obtenido de Bioplan In Vitro:
<http://www.bioplaninvitro.com/micropropagacion-de-plantas/>
- Bravo, T. (2019). Efectos de la poda en plantaciones de *Tectona grandis* (Teca) ubicada en la parroquia Zapotal Cantón Ventanas Provincia de los Ríos año 2020. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/33cc6542-c>
- Caballero Álava , P. M. (2017). Evaluación agronómica de plantas de teca (*Tectona grandis*) a la aplicación de N-P-K, en el Sector Gramalote, Cantón Ventanas. <https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e5ef06d4-aead-4567-8f92-85f532b0eb46/content>

- Cañal, M. (2015). Fisiología del cultivo in vitro. Biotecnología vegetal, 3-9.
- Castillo, A. (2004). Propagación de plantas por cultivo in vitro
<https://www.inia.uy/publicaciones/documentos%20compartidos/111219220807102417.pdf>
- Castro, J. J. (2022). Análisis del cultivo *Tectona grandis* y su comercialización en Ecuador.
<https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13204/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000240.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chan Mora , J. O. (2014). Estudio de rentabilidad en la producción de 100 hectáreas de madera Teca en la Parroquia Saracay, Provincia De El Oro, Ecuador.
http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1950/7/CD760_TESIS.pdf
- Cortes, J. S. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Croper. (2020). Obtenido de <https://croper.com/products/8566-6-bencil-aminopurina-98por-ciento-6-bap>
- Croper. (2022). Obtenido de <https://croper.com/products/6790-acido-naftalenacetico-98por-ciento-ana>
- Espinoza Plaza , D. A. (2014). Importancia e impacto económico en Balzar en la Exportación De Teca. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1977/1/T-UCSG-PRE-ECO-GES-110.pdf>
- Espinoza, J. M. (2018). <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12545/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-146.pdf>
- Fonseca, W. (2004). Manual para productores de teca (*Tectona grandis*) en Costa Rica. Obtenido de Reforestación. Costa Rica. 8 p.

- Forestal, E. (2018). Obtenido de Ficha Técnica N ° 1: TECA . (s/f). Ecuadorforestal.org. Recuperado el 24 de abril de 2023, de <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-1-teca/>
- Garay, A. (2014). La homeostasis de las auxinas y su importancia. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/revedubio/reb-2014/reb141c.pdf>
- Garcia, S. P. (2018). Citoquininas. https://nanopdf.com/download/citoquininas_pdf
- Gomez, D. G. (2020). Exportaciones de la Teca Ecuatoriana . Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GARAY%20GOMEZ%20DANA%20GI%20GI.pdf>
- Greenimport. (2022). Obtenido de <https://www.greenimportsol.com/producto/6-bencilaminopurina-6-bap-green-rg-99/>
- Greenimportsol. (2022). [https://www.greenimportsol.com/producto/kinetina-kineti-green-rg-99/Heredia. \(2003\). Manual para productores de Teca \(*Tectona grandis*\). Obtenido de <https://www.fonafifo.go.cr/media/1332/manual-para-productores-de-teca.pdf>](https://www.greenimportsol.com/producto/kinetina-kineti-green-rg-99/Heredia.(2003).ManualparaproductoresdeTeca(Tectonagrandis).Obtenidodehttps://www.fonafifo.go.cr/media/1332/manual-para-productores-de-teca.pdf)
- Heredia. (2003). Manual para productores de teca (*Tectona grandis*). Obtenido de <https://www.fonafifo.go.cr/media/1332/manual-para-productores-de-teca.pdf>
- Hernández, S. (2017). Establecimiento de criterios técnicos para el mejoramiento y expansión de una plantación de Teca (*Tectona grandis*) <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/12371/68295940.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Holdridge. (2015). Zona de vida. Recuperado el 9 de Marzo de 2023, de <https://es.slideshare.net/jorgereyesforero/zonas-de-vida-segn-holdridge-55144771>

- Indacochea, B., Parrales, J., Hernández, A., Castro, C., Vera, M., & Zhindón, A. (2018). Evaluación de medios de cultivo in vitro para especies forestales nativas en peligro de extinción en Ecuador. *Agronomía Costarricense*, 42 (1).
- Indio Nivelá, Y. L. (2017). “Proyecciones alométricas en plantaciones de *Tectona grandis* (Teca) en la zona de Balzar, provincia del Guayas”. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b1847d32-9dfa-4d04-9c89-6dbd47963a3d/content>
- Intagri. (2019). Medios de cultivo para la propagación in vitro. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/cultivo-in-vitro-de-celulas-y-tejidos-vegetal>
- Jordán, M. (2019). Hormonas y Reguladores del Crecimiento. Obtenido de <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Auxinasgiberelinasycitocinas.pdf>
- Llorente, B. (2018). http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/_Cultivo_in_vitro.pdf
- Macías, J. P. (2020). Diámetros mínimos y máximos de aprovechamiento en plantaciones de *Tectona grandis* (teca) en la Provincia del Guayas. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5977/1/T-UTEQ-137.pdf>
- Maderero, F. (2018). <https://www.forestmaderero.com/articulos/item/teca.html>
- MAGAP. (2019). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/>
- Miranda, L. A. (2002). Estudio Técnico y Económico para el establecimiento de una plantación de teca (*Tectona grandis*) en El Empalme, Guayas, Ecuador <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/27e2ff4c-977c-499d-b6c0-06f80eb642da/content>

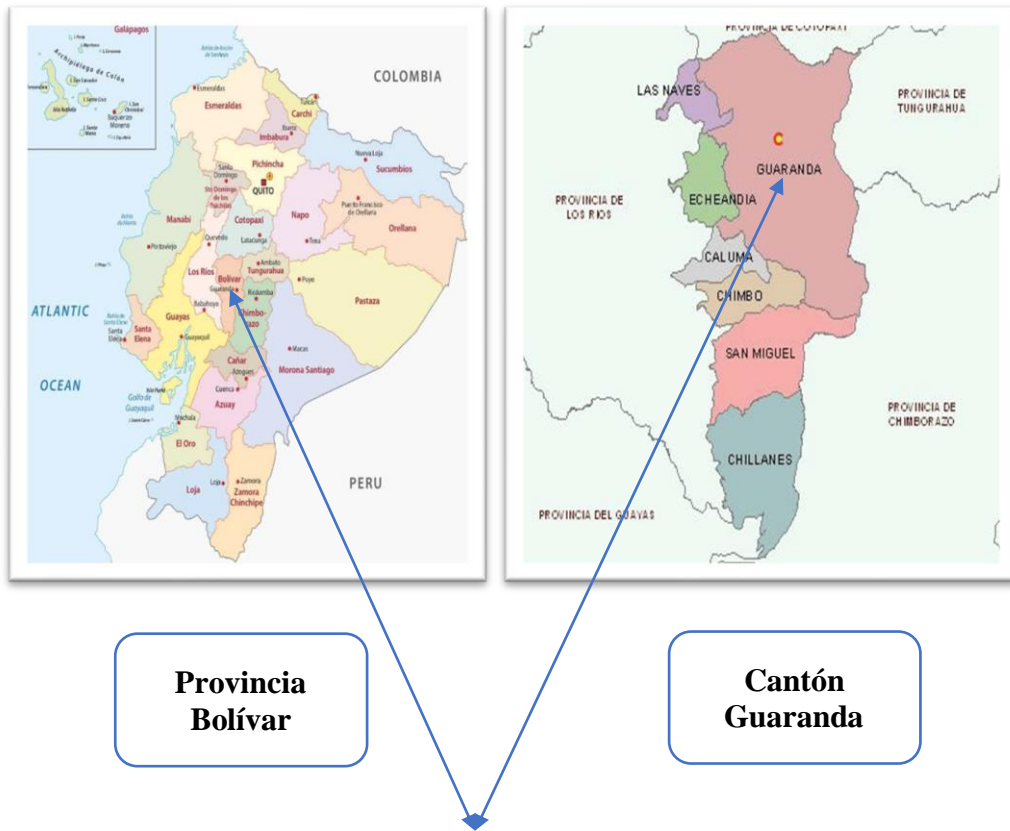
- Morales, L. A. (2023). “Métodos de propagación del cultivo de teca (*Tectona grandis* L.f)”. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13870/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000488.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nivela, Y. L. (2017). Proyecciones alométricas en plantaciones de *Tectona grandis* (teca) en la zona de Balzar, provincia del Guayas. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4098/1/T-UTEQ-116.pdf>
- Osoria, V. (2022). <https://view.genially.com/62895398a36cf300117fb265/interactive-content-micropropagacion>
- Osorio Aldaz, C. (2019). Aplicación de los principios, criterios e indicadores del FSC (Consejo de Administración Forestal) para la certificación de una unidad de manejo forestal en el cantón Ventanas, provincia de Los Ríos, año 2019. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/55e70fc1-3653-4bfc-9837-769624c26e7e/content>
- PEA. (2017). La cumbre forestal PEAKFOREST S.A. Calificadora de Riesgo, 4. Guayaquil.
- Polo Santos, J., Suarez Padrón, I., & Gatti, K. (2013). Micropropagación de *Tectona grandis* L.f. a partir de meristemos preexistentes. *Temas Agrarios*, 83-93. <file:///C:/Dialnet-MicropropagacionDeTectonaGrandisLFAPartirDeMeriste-5002415.pdf>
- Quimicompany. (2019). Obtenido de <https://quimicompany.com.co/productos-2/medios-para-cultivos-vegetal/hormonas-y-reguladores-de-crecimiento-2/auxinas/acido-naftalenacetico-ana/>
- Quimicompany. (2021). Equipos e insumos para laboratorio. Obtenido de <https://quimicompany.com.co/citoquininas/>

- Quimicompany. (2021). Equipos e insumos para laboratorio. Obtenido de <https://quimicompany.com.co/product/acido-indolbutirico>
- Robles, L. A. (2014). Modelo de negocios y fuente de financiamiento a través de un fideicomiso de inversión en el cultivo de teca (*Tectona grandis*). <https://www.researchgate.net/publication/291521907>
- Rodríguez-Solís. (2023). GA3 y BAP en la productividad de minijardines clonales de *Tectona grandis* Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 20(47), <https://doi.org/10.18845/rfmk.v20i47.6821>, 58–79.
- Rojas Parajeles, F., & Abdelnour Esquivel, A. (2012). Brotación in vitro de yemas de teca (*Tectona grandis*). Revista Tecnología en Marcha, 25(5), 67.
- Rosero, N. C. (2018). Análisis de la producción de viveros y de la comercialización de plántulas en el área de influencia del Cantón Quevedo, Provincia de los Ríos para el establecimiento de plantaciones de Teca. Obtenido de file:///C:/Users/Genesis/Downloads/rcyt,+Gestor_a+de+la+revista,+main.pdf
- Rubio, A. C. (2015). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8735/1/UPS-QT06660.pdf>
- Salazar, A., Leal, A., Saldaña, A., & Leiva, S. (2010). Efecto de sustratos, reducción de lamina foliar y concentración de ácido naftalenacetico enraizamiento de teca. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/19893>
- Santos, J. (2017). Micropropagación de *Tectona grandis* a partir de meristemos preexistentes. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/articulo/view/718/834>
- Sharry, S., Adema, M., & Abedini, W. (2015). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Obtenido de Manual para la propagación de plantas por cultivo de tejidos in vitro: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46738>

- Stape, J. L. (2019). Departamento de Ciencias Forestales. Obtenido de https://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1690&subject=Teca&title=Caracteristicas+da+Tectona+grandis
- Solis, M. (2013). <https://www.slideshare.net/MarianaChavik/fitorreguladores/4>
- Troiani, H. (2017). <https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/110/lb-trobot017.pdf?isAllowed=y&sequence=3>
- Vargas, T. S. (2019). Efectos de la poda en plantación de *Tectona grandis* (teca) ubicada en la parroquia Zapotal, cantón Ventanas, provincia de los Ríos. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5505/1/T-UTEQ-132.pdf>
- Vega, S., & Salagata, S. (2015). Plan de negocios para la exportación de madera de teca al mercado chino. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3234/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-158.pdf>
- Vinueza, Marco. (2012). Ecuador Forestal. <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-1-teca/>
- Zamora, M. (2015). Análisis del impacto económico de la producción y comercialización de teca en el Ecuador y su aporte a los objetivos 7, 9, 10 del plan nacional del buen vivir.
- Zanella, L., Franciscon, L., & Grunennvaldt, R. (2018). Ciencia Florestal, 28(2)651-660. <https://www.scielo.br/j/cflo/a/HbgyQhghxZ6HTK55KLRL4vN/?lang=en>

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de la investigación



**Provincia
Bolívar**

**Cantón
Guaranda**



Anexo 2. Base de datos

| | | | | | | 45 días | 90 días | 45 días | 90 días | 45 días | 90 días | 45 días | 90 días | |
|-------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| TRAT | REP | FA | FB | NEC | DBL | NBE | NBE | NHB | NHB | LB | LB | AB | AB | TVM |
| T1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 1 | 1 | 5,00 | 9,00 | 1,4 | 1,8 | 1,58 | 2,92 | 0,01 |
| T1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 9 | 1 | 2 | 7,00 | 8,00 | 1,1 | 1,6 | 2,16 | 3,83 | 0,02 |
| T1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 9 | 1 | 2 | 7,00 | 11,00 | 1,2 | 1,5 | 2,33 | 3,66 | 0,02 |
| T2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 11 | 1 | 2 | 8,00 | 11,00 | 1,3 | 1,7 | 2,30 | 2,58 | 0,02 |
| T2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 13 | 1 | 3 | 8,00 | 12,00 | 1,4 | 1,4 | 3,25 | 3,67 | 0,03 |
| T2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 14 | 1 | 2 | 7,00 | 10,00 | 1,1 | 1,5 | 3,08 | 3,66 | 0,02 |
| T3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 12 | 1 | 1 | 7,00 | 8,00 | 0,9 | 1 | 1,75 | 2,88 | 0,01 |
| T3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 10 | 1 | 3 | 8,00 | 11,00 | 1,3 | 1,9 | 2,00 | 3,81 | 0,03 |
| T3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 11 | 1 | 2 | 8,00 | 9,00 | 1,4 | 2,5 | 2,70 | 3,15 | 0,02 |
| T4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 11 | 1 | 3 | 8,00 | 8,00 | 2 | 2,6 | 3,00 | 2,60 | 0,03 |
| T4 | 2 | 4 | 2 | 1 | 13 | 2 | 3 | 7,00 | 10,00 | 1,6 | 1,8 | 3,00 | 3,57 | 0,04 |
| T4 | 3 | 4 | 3 | 1 | 12 | 1 | 3 | 7,00 | 10,00 | 1,3 | 2,1 | 2,50 | 3,72 | 0,03 |
| T5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 1 | 2 | 7,00 | 9,00 | 1,2 | 1,3 | 2,16 | 4,05 | 0,02 |
| T5 | 2 | 1 | 2 | 1 | 9 | 2 | 3 | 6,00 | 11,00 | 0,2 | 0,7 | 2,33 | 4,60 | 0,04 |
| T5 | 3 | 1 | 3 | 3 | 9 | 2 | 3 | 6,00 | 11,00 | 0,1 | 0,9 | 2,30 | 4,52 | 0,04 |
| T6 | 1 | 2 | 1 | 1 | 12 | 2 | 2 | 8,00 | 8,00 | 1,7 | 1,7 | 3,25 | 4,50 | 0,03 |
| T6 | 2 | 2 | 2 | 1 | 10 | 3 | 4 | 8,00 | 12,00 | 1,5 | 1,6 | 3,08 | 5,25 | 0,05 |
| T6 | 3 | 2 | 3 | 2 | 11 | 2 | 4 | 7,00 | 10,00 | 1,7 | 1,9 | 1,75 | 4,92 | 0,04 |
| T7 | 1 | 3 | 1 | 2 | 11 | 1 | 3 | 7,00 | 8,00 | 1 | 1,5 | 2,00 | 4,00 | 0,03 |
| T7 | 2 | 3 | 2 | 2 | 13 | 3 | 3 | 8,00 | 11,00 | 1,4 | 1,5 | 2,70 | 5,10 | 0,04 |
| T7 | 3 | 3 | 3 | 1 | 14 | 2 | 3 | 8,00 | 12,00 | 0,9 | 1,7 | 3,00 | 4,85 | 0,04 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|---|---|---|---|----|---|---|------|-------|-----|-----|------|------|------|
| T8 | 1 | 4 | 1 | 1 | 11 | 3 | 2 | 8,00 | 8,00 | 0,7 | 1,6 | 3,00 | 4,00 | 0,04 |
| T8 | 2 | 4 | 2 | 1 | 13 | 3 | 4 | 7,00 | 10,00 | 0,9 | 0,9 | 2,50 | 5,65 | 0,05 |
| T8 | 3 | 4 | 3 | 1 | 12 | 3 | 4 | 7,00 | 10,00 | 1,4 | 1,8 | 3,25 | 5,20 | 0,05 |
| T9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 1 | 1 | 7,00 | 9,00 | 1,6 | 2,4 | 3,08 | 2,58 | 0,01 |
| T9 | 2 | 1 | 2 | 1 | 9 | 1 | 2 | 6,00 | 11,00 | 1,5 | 1,8 | 1,75 | 3,67 | 0,02 |
| T9 | 3 | 1 | 3 | 1 | 10 | 1 | 2 | 6,00 | 11,00 | 1,3 | 1,7 | 2,00 | 3,66 | 0,02 |
| T10 | 1 | 2 | 1 | 1 | 12 | 1 | 2 | 8,00 | 8,00 | 1,4 | 1,6 | 2,70 | 2,88 | 0,02 |
| T10 | 2 | 2 | 2 | 1 | 13 | 1 | 3 | 8,00 | 12,00 | 0,9 | 1,1 | 3,00 | 3,81 | 0,03 |
| T10 | 3 | 2 | 3 | 1 | 11 | 1 | 2 | 7,00 | 10,00 | 1,7 | 1,8 | 2,33 | 3,15 | 0,02 |
| T11 | 1 | 3 | 1 | 1 | 13 | 1 | 1 | 7,00 | 8,00 | 1,1 | 1,5 | 2,30 | 2,92 | 0,01 |
| T11 | 2 | 3 | 2 | 1 | 14 | 1 | 3 | 5,00 | 11,00 | 0,8 | 1,4 | 3,25 | 3,83 | 0,03 |
| T11 | 3 | 3 | 3 | 1 | 12 | 1 | 2 | 5,00 | 12,00 | 1 | 1,5 | 1,58 | 3,66 | 0,02 |
| T12 | 1 | 4 | 1 | 1 | 10 | 1 | 3 | 5,00 | 8,00 | 1,3 | 1,4 | 2,16 | 2,58 | 0,03 |
| T12 | 2 | 4 | 2 | 1 | 11 | 2 | 3 | 7,00 | 10,00 | 0,9 | 1,6 | 2,33 | 5,10 | 0,04 |
| T12 | 3 | 4 | 3 | 1 | 11 | 1 | 3 | 7,00 | 10,00 | 0,7 | 0,9 | 2,30 | 4,85 | 0,03 |

Anexo 3. Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación de la investigación.



Adquisición de las plántulas



Corte de brotes de Teca



Desinfección de brotes



Preparación del medio de cultivo



Frascos con medio de cultivo



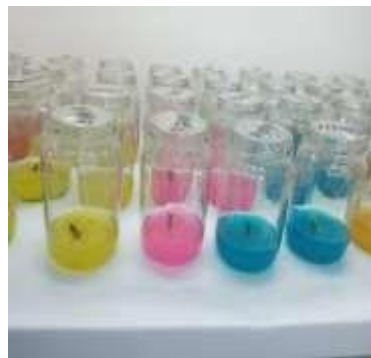
Esterilizamos en la autoclave



Transferencia del material en la cámara



Tratamientos en cuarto de reposo



Explantos con sus primeros brotes



Toma de variables



Visita de campo

Anexo 4. Glosario de términos

Agar: Es un agente gelificante del medio de cultivo

Autoclave: Es un recipiente de presión metálico de paredes gruesas con un cierre hermético que permite trabajar a alta presión para realizar una reacción industrial, una cocción o una esterilización con vapor de agua a fin de esterilizar materiales e instrumentos quirúrgicos. Su construcción debe ser tal que resista la presión y temperatura desarrollada en su interior. La presión elevada permite que el agua alcance temperaturas superiores a los 100 °C. La acción conjunta de la temperatura y el vapor produce la desnaturalización de las proteínas de los microorganismos, entre ellas las esenciales para la vida y la reproducción de estos, hecho que lleva a su destrucción.

Auxinas: Son un grupo de fitohormonas que proceden como reguladoras de crecimiento de las células y tejidos vegetal. Estas hormonas activan la rapidez del crecimiento de las plantas, fundamentalmente en la parte superior y determina el desarrollo de brotes laterales y raíces, hojas, flores y fruto.

Cámara de flujo laminar: Es un recinto que emplea un ventilador para forzar el paso de aire a través de un filtro HEPA o ULPA y proporcionar aire limpio a la zona de trabajo libre de partículas de hasta 0.1 micras.

Citoquininas: Son un grupo de hormonas vegetales (fitohormonas) que promueven la división y la diferenciación celular. La citoquinina regula una serie de procesos de la planta, incluyendo la división celular, el crecimiento de los brotes y las raíces, el rendimiento de grano, y la ecologización.

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

Explante: Es un tejido vivo de la planta separado de su órgano propio y transferido a un medio artificial de crecimiento.

Fitoregulador: Producto regulador del crecimiento de las plantas; normalmente se trata de hormonas vegetales (fitohormonas) y sus principales funciones son estimular o paralizar el desarrollo de las raíces y las partes aéreas.

Genotipos: Un genotipo es la colección de genes de un individuo. El término también puede referirse a los dos alelos heredados de un gen en particular. El genotipo se expresa cuando la información codificada en el ADN de los genes se utiliza para fabricar proteínas y moléculas de ARN. La expresión del genotipo contribuye a los rasgos observables del individuo, lo que denomina el fenotipo.

Hormonas: Son sustancias segregadas por células especializadas, localizadas en glándulas endocrinas, o también por células epiteliales e intersticiales cuyo fin es el de influir en la función de otras células

Micro propagación: Es el conjunto de técnicas y métodos de cultivo de tejidos utilizados para multiplicar plantas asexualmente de forma rápida, eficiente y en grandes cantidades.

Plaga: Son plantas, animales, insectos, microbios u otros organismos no deseados que interfieren en otro ser vivo de interés para el humano. Estos pueden morder, destruir cultivos de alimentos, dañar propiedad, o hacer nuestras vidas más difíciles.

Patógenos: Se considera un agente patógeno a toda aquella entidad biológica capaz de producir una enfermedad infecciosa en un huésped (humano, animal, vegetal, etc.) sensiblemente predispuesto.

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

Regresión: Es un proceso estadístico para estimar las relaciones entre variables. Incluye muchas técnicas para el modelado y análisis de diversas variables, cuando la atención se centra en la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes

Reproducción asexual: Es la forma más sencilla para reproducirse; consiste en que a partir de un solo individuo se forman dos o más individuos nuevos que son todos iguales. Ejemplo: el plasmodio, un parásito que causa la enfermedad paludismo o malaria, plantas como musgos y helechos también se reproducen por esporas.

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

Viabilidad: Es un análisis que tiene por finalidad conocer la probabilidad que existe de poder llevar a cabo un proyecto con éxito. Por tanto, ofrece información sobre si se puede o no llevar a cabo. Así, si es viable, significa que tiene muchas posibilidades de salir adelante.

Yema: Es un órgano complejo de las plantas que se forma habitualmente en la axila de las hojas formado por un meristemo apical, (células con capacidad de división), a modo de botón escamoso (catáfilos) que darán lugar a hojas (folíferas) y flores (floríferas).

Yemas axilares: Son un conjunto de células que forman un meristemo y unas pequeñas hojas rudimentarias o primordios foliares protegiendo a dicho meristemo. Todo este conjunto se encuentra en los nudos, en la zona entre la inserción del peciolo de la hoja y el tallo, y dará lugar a las ramas laterales o las flores.