



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agronomía

Tema:

“MICROPROPAGACIÓN DE EXPLANTES EN PAULOWNIA (*Paulownia tomentosa*), APLICANDO TRES TIPOS DE CITOQUININAS EN CUATRO DOSIS, EN LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA LAGUACOTO II.”

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

Autores:

Orlando Darwin Cunalata Yumbo

Doris María Paredes Nagua

Directora:

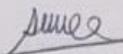
ING. SONIA SALAZAR RAMOS Mg.

Guaranda – Ecuador

2022

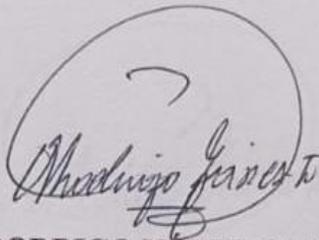
“MICROPROPAGACIÓN DE EXPLANTES EN PAULOWNIA (*Paulownia tomentosa*), APLICANDO TRES TIPOS DE CITOQUININAS EN CUATRO DOSIS, EN LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA LAGUACOTO II.”

REVISADO Y APROBADO POR:



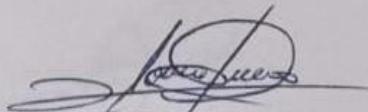
ING. SONIA SALAZAR RAMOS Mg.

DIRECTORA



ING. RODRIGO YÁNEZ GARCÍA MSc.

BIOMETRISTA



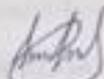
ING. SONIA FIERRO BORJA Mg.

REDACCIÓN TÉCNICA

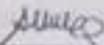
CERTIFICADO DE AUTORÍA

Nosotros, Orlando Darwin Cunalata Yumbo con C.I. 020250403-1 y Doris Maria Paredes Nagua con C.I. 070612770-1 declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor (es).

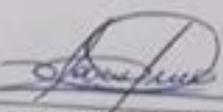
La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente


ORLANDO CUNALATA YUMBO
AUTOR
C.I 020250403-1


DORIS PAREDES NAGUA
AUTORA
C.I 070612770-1


ING. SONIA SALAZAR RAMOS Mg.
CI: 020093306-7
DIRECTORA


ING. RODRIGO YANEZ GARCÍA MSc.
CI: 020050222-7
ÁREA BIOMETRIA


ING. SONIA FIERRO BORJA Mg.
C.I 020108471-2
ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA

Notaria Tercera del Cantón Guaranda

Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez

Notario



N° ESCRITURA 20220201003P0

DECLARACION JURAMENTADA

OTORGADA POR:

ORLANDO DARWIN CUNALATA YUMBO y DORIS MARIA PAREDES NAGUA

INDETERMINADA

DI: 2 COPIAS L.L.

Factura: 001-001-000011

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolivar, República del Ecuador, hoy día cuatro de agosto de dos mil veintidós, ante mi Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparecen el señor ORLANDO DARWIN CUNALATA YUMBO soltero, con número de celular 0967153654, correo electrónico es darwin.cunalata123@gmail.com; domiciliado en el cantón San Miguel de Bolívar y de paso por esta ciudad de Guaranda; y, DORIS MARIA PAREDES NAGUA soltera, con número de celular 0992026559, correo electrónico es doism97@gmail.com, domiciliada en esta ciudad de Guaranda, por sus propios derechos, obligarse a quienes de conocerlas doy fe en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación y con su autorización se ha procedido a verificar la información en el Sistema Nacional de Identificación Ciudadana; bien instruidos por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que procede libre y voluntariamente, advertidos de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presenta su declaración Bajo Juramento declaran lo siguientes "Previo a la obtención de Ingenieros Agrónomos, manifestamos que los criterios e ideas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado "MICROPROPAGACIÓN DE EXPLANTES EN PAULOWNIA (Paulownia tomentosa), APLICANDO TRES TIPOS DE CITOQUININAS EN CUATRO DOSIS, EN LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA LAGUACOTOIL." es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de autores". Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad, la misma que la hacemos para los fines legales pertinentes. HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA. La misma que elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que les fue a los comparecientes por mí el Notario en unidad de acto, aquellos se ratifican y firman conmigo se incorpora al protocolo de esta Notaria la presente escritura, de todo lo cual doy fe.-

ORLANDO DARWIN CUNALATA YUMBO

C.C. 0202504031

DORIS MARIA PAREDES NAGUA

C.C. 0706127701

AB. HENRY ROJAS NARVAEZ

NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA



Documento: [Cunilata Paredes Paulownia URKUND.pdf \(0142541101\)](#)
 Presentado: 2022-08-03 16:22:45 (00)
 Presentado por: abosquez@ueb.edu.ec
 Recibido: abosquez.ueb@anaysis.orkund.com

8% de estas 33 páginas, se componen de texto presente en 7 fuentes.

Lista de fuentes	Bloques	Categoría	Enlace/nombre de archivo
			UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR - EVALUACION DE LAS PLANTULAS DE FRAMBUESA (JORNALISMO U. PROBA)
			UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR (TESIS SEMINAR CUMPROBADO) Arca
			UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR Proyecto de Titulación Completa grado 2017 (formato de años universitarios)
			ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ / (null)
			ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ / (null)
			UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO / (null)

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente Carrera de Agronomía Tema: "MICROPROPAGACIÓN DE EXPLANTES EN PAULOWNIA (Paulownia tomentosa), APLICANDO TRES TIPOS DE CITOCININAS EN CUATRO DOSIS, EN LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA LAGUACOTO II"

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

de Agronomía Autores: Orlando Darwin Cusulata Yumbo Doris María Paredes Nigua Directora: ING. SONIA SALAZAR RAMOS Mg. Guaranda - Ecuador 2022

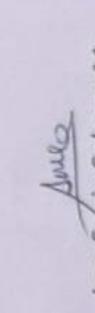
II" MICROPROPAGACIÓN DE EXPLANTES EN PAULOWNIA (Paulownia tomentosa), APLICANDO TRES TIPOS DE CITOCININAS EN CUATRO DOSIS, EN LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA LAGUACOTO II"

REVISADO Y APROBADO POR: ING. SONIA SALAZAR RAMOS Mg. DIRECTORA ING. RODRIGO YANEZ GARCIA MSc. BIOMETRISTA ING. SONIA TIERRA BORJA Mg. REDACCIÓN TÉCNICA

III CERTIFICADO DE AUTORÍA

Nosotros, Orlando Darwin Cusulata Yumbo con C.I. 020259403-1 y Doris María Paredes Nigua con C.I. 0719612770-1, declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o


 Ing. Sonia Fierro Mg.
 REDACCIÓN TÉCNICA


 Ing. Sonia Salazar Mg.
 DIRECTORA

DEDICATORIA

Al ser supremo Dios por haberme permitido llegar al punto de mi vida hacer profesional y cumplir mis objetivos y sueños anhelados, además por haberme brindado su infinita bondad y amor.

A mis padres Ángel Cunalata y María Yumbo por haberme brindado su apoyo, consejos y valores sobre todo el amor que me han inculcado.

A mi hermano David, y mis hermanas Janeth, Brigitte por estar siempre conmigo motivándome a seguir adelante con mis estudios.

Orlando

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico principalmente a Dios y a la Virgen María Patrona de El Oro, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional, por ti llegué tan lejos porque siempre creíste en mí, aunque eso significó estar lejos de ti.

A mi querido tío Luis gracias por ser esa figura paterna que tanto necesite en mi vida, gracias por ayudarme a inculcar con valores y principios por ti soy quien soy.

Agradecerte a ti Omar que siempre me has apoyado con mis estudios, a pesar de los malos momentos que hemos tenido, me sigo sintiendo agradecida por haberme permitido formar parte de tu vida.

A Darwin por ser un excelente compañero y amigo por la paciencia necesaria y motivarme a seguir adelante en los momentos buenos y malos.

Por último, con mucho cariño a mis amigas, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias Gina y Carolina, siempre las llevo en mi corazón.

Doris

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por habernos por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad, brindarnos una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Un agradecimiento total a la Universidad Estatal de Bolívar, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, carrera de Agronomía, gracias por brindarnos la mejor educación con excelentes profesores que cuentan con gran profesionalismo y calidad.

A nuestra directora del proyecto de investigación, Ing. Sonia Salazar Ramos MSc., Ing. Rodrigo Yáñez García MSc. Biometrista e Ing. Sonia Fierro Borja MSc. Redacción Técnica, por su esfuerzo y dedicación quienes con sus conocimientos, experiencias, paciencia y motivación han logrado que pueda terminar mis estudios con éxito.

Un agradecimiento al Ing. Víctor Cortez Sandoval por haber estado constantemente apoyándonos para llevar a cabo este proyecto de investigación.

Orlando y Doris

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PÁG
CAPÍTULO I	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PROBLEMA	3
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Origen del cultivo y distribución de Paulownia	4
2.2 Clasificación taxonómica	4
2.4 Descripción morfológica	5
2.4.1 Raíces	5
2.4.2 Tallo	5
2.4.3 Hojas	5
2.4.4 Flores	6
2.4.5 Fruto	6
2.4.6 Semillas	6
2.5 Características de la madera	6
2.6 Usos de la madera	7
2.7 Requerimientos edafoclimáticos	7
2.7.1 Altitud	7
2.7.2 Clima	7
2.7.3 Suelos	8
2.8 Propagación	8
2.9 Cultivo de tejidos in vitro	8
2.10 Micropropagación	9

2.10.1	Propagación vegetativa	9
2.10.2	Propagación in vitro	9
2.10.3	Cultivo de segmentos nodales	10
2.10.4	Medio de cultivo	10
2.11	Reguladores de crecimiento	11
2.11.1	Bencil-adenina (BA)	11
2.11.2	Bencilaminopurina (BAP)	11
2.11.3	Kinetina (KN)	11
2.12	Auxinas	12
2.13	Citoquininas	12
2.14	Giberelinas	12
2.15	Etileno y ácido abscísico	13
2.16	Fases de la micropropagación	13
2.17	Establecimiento del cultivo	13
2.17.1	Explante	14
2.17.2	Esterilización	14
2.18	Multiplicación de propágulos	15
2.19	Enraizamiento	15
2.19.1	Factores genéticos	15
2.19.2	Factores fisiológicos	16
2.20	Restablecimiento de las plantas a suelo	16
CAPÍTULO III		17
3.	MARCO METODOLÓGICO	17
3.1	Materiales	17
3.1.1	Localización de la investigación	17
3.1.2	Situación geográfica y climática	17

3.1.3	Zona de vida	17
3.1.4	Material experimental	18
3.1.5	Materiales de laboratorio	18
3.1.6	Equipos de laboratorio	18
3.1.7	Reactivos	18
3.1.8	Equipos y material de oficina	19
3.2	Métodos	19
3.2.1	Factor en estudio	19
3.2.2	Tratamientos	20
3.2.3	Tipo de diseño experimental	20
3.2.4	Procedimiento	20
3.2.5	Tipo de análisis	21
3.3	Métodos de evaluación y datos tomados	21
3.3.1	Número de explantes contaminados (NEC)	21
3.3.2	Días a la brotación (DB)	22
3.3.3	Porcentaje de brotación (PB)	22
3.3.4	Número de brotes por explante (NBE)	22
3.3.5	Longitud de brotes (LB)	22
3.3.6	Número de hojas por brote (NHB)	22
3.3.7	Longitud de hojas por explantes (LHE)	22
3.3.8	Días a la emisión de raíces (DER)	23
3.3.9	Número de raíces (NR)	23
3.3.10	Longitud de las raíces (LR)	23
3.4	Manejo de la investigación	23
3.4.1	Selección de plantas	23
3.4.2	Preparación del medio de cultivo	23

3.4.3	Recolección y selección de los brotes del invernadero	23
3.4.4	Desinfección del material experimental	24
3.4.5	Introducción del material experimental	24
3.4.6	Preparación del medio de cultivo con las diferentes dosis	24
4.	RESULTADOS	25
4.1	Días a la brotación (DB); Longitud de hoja por explante (LHE); Días a la emisión de raíces (DER) y Longitud de raíces (LR)	25
4.2	Porcentaje de brotación (PB); Número de brotes por explante (NBE) y Longitud de brotes (LB)	34
4.3	Número de hojas por brote (NHB) y número de raíces (NR)	46
4.4	Análisis económico de la relación B/C	55
4.4.1	Análisis económico de la relación B/C	56
4.5	Comprobación de hipótesis	57
4.6	Conclusiones	58
4.7	Recomendaciones	59
	BIBLIOGRAFÍA	60
	ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁG
N° 1	Clasificación taxonómica de género Paulownia	5
N° 2	Sustancias que se añaden al medio de cultivo para su brotación.	11
N° 3	Resultado de la prueba de Tukey al 5%, para comparar promedios de la interacción (AxB) en las variables: Días a la brotación (DB); Longitud de hoja por explante (LHE); Días a la emisión de raíces (DER) y Longitud de raíces (LR).	26
N° 4	Resultado del análisis del efecto principal para evaluar promedios del factor A en las variables: Días a la brotación (DB); Longitud de hoja por explante (LHE); Días a la emisión de raíces (DER); Longitud de raíces (LR).	31
N° 5	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de tratamientos FB de las variables: Días a la brotación (DB); Longitud de hoja por explante (LHE); Días a la emisión de raíces (DER) y Longitud de raíces (LR).	33
N° 6	Cuadro N° 6 Resultado de la prueba de Tukey al 5%, para comparar promedios de la interacción (AxB) en las variables: Porcentaje de brotación (PB); Número de brotes por explante (NBE) y Longitud de brotes (LB).	35
N° 7	Resultado del análisis del efecto principal para evaluar promedios del factor A en las variables: Porcentaje de	39

	brote (PB); Número de brotes por explante (NBE); Longitud de brotes (LB).	
N° 8	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de tratamientos FB de las variables: porcentaje de brotación (PB); número de brotes por explante (NBE); longitud de brotes (LB).	43
N° 9	Resultado de la prueba de Tukey al 5%, para comparar promedios de la interacción (AxB) en las variables: número de hojas por brote (NHB) y número de raíces (NR).	47
N° 10	Resultado del análisis del efecto principal para evaluar promedios del factor A en la variable: número de hojas por brote (NHB) y número de raíces (NR).	50
N° 11	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de tratamientos FB de las variables: número de hojas por brote (NHB) y número de raíces (NR).	53

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO		PÁG
N° 1	Promedio de los tratamientos AxB de la variable días a la brotación (DB)	27
N° 2	Promedio de los tratamientos AxB de la variable longitud de hoja por explante (LHE)	28
N° 3	Promedio de los tratamientos AxB de la variable días a la emisión de raíces	29
N° 4	Promedio de los tratamientos AxB de la variable longitud de raíces (LR)	30
N° 5	Fitoreguladores de crecimiento en las variables: Días a la brotación (DB); Longitud de hoja por explante (LHE); Días a la emisión de raíces (DER); Longitud de raíces (LR).	32
N° 6	Dosis de fitoreguladores de las variables: Días a la brotación (DB); Longitud de hoja por explante (LHE); Días a la emisión de raíces (DER); Longitud de raíces (LR).	34
N° 7	Promedio de los tratamientos AxB de la variable porcentaje de brotación (PB)	36
N° 8	Promedio de los tratamientos AxB de la variable número de brote por explante (NBE)	37
N° 9	Promedio de los tratamientos AxB de la variable longitud de brotes (LE).	38

N° 10	Fitoreguladores de crecimiento en la variable porcentaje de brotación (PB)	40
N° 11	Fitoreguladores de crecimiento en la variable número de brotes por explante (NBE)	41
N° 12	Fitoreguladores de crecimiento en la variable longitud de brotes (LB).	42
N° 13	Dosis de fitoreguladores de la variable: porcentaje de brotación (PB).	44
N° 14	Dosis de fitoreguladores de la variable: número de brotes por explante (NBE)	45
N° 15	Dosis de fitoreguladores de la variable: longitud de brote (LB).	46
N° 16	Promedio de los tratamientos AxB de la variable número de hojas por brote (NHB).	48
N° 17	Promedio de los tratamientos AxB de la variable número de raíces (NR).	49
N° 18	Fitoreguladores de crecimiento en la variable número de hojas por brote (NHB).	51
N° 19	Fitoreguladores de crecimiento en la variable número de raíces (NR).	52
N° 20	Dosis de fitoreguladores de la variable: número de hojas por brotes (NHB)	54
N° 21	Dosis de fitoreguladores de la variable: número de raíces (NR)	55

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº 1 Mapa de ubicación del ensayo

Nº 2 Base de datos Paulownia

Nº 3 Manejo de la investigación

Nº 4 Glosario de términos técnicos

RESUMEN Y SUMMARY

RESUMEN

La Paulownia es una especie vegetal de gran follaje, originaria de China que por más de 20 años ha sido estudiada y sometida a experimentos en laboratorios australianos y estadounidenses, con la finalidad de acelerar su crecimiento. El árbol de Paulownia, se convierte en una nueva alternativa maderable que disminuye tiempo de aprovechamiento por su calidez, rápido crecimiento y altas expectativas de producción, considerable producción de biomasa y capacidad de fijación de CO₂. El trabajo de investigación se realizó en el sector de Laguacoto II, cantón Guaranda, provincia de Bolívar. Se evaluó la micropropagación de explantes en paulownia (*Paulownia tomentosa*), aplicando tres tipos de citoquininas en cuatro dosis. Los objetivos planteados dentro de esta investigación fueron i) Determinar en cuál de las tres hormonas tiene un mejor desarrollo. ii) Analizar el efecto de las dosis en la brotación del explante. iii) Establecer el beneficio-costo de los tratamientos en estudio. La metodología aplicada fue un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones y doce tratamientos. Se propagaron explantes en Paulownia, aplicando tres tipos de Citoquininas en cuatro dosis, en laboratorio de biotecnología Laguacoto II. Se realizó un análisis de varianza, prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios entre tratamientos y factores en estudio. De acuerdo a los resultados el tratamiento con mayor número de brotes por explante fue el T11: Kinetina 5 mg/l con 6 brotes, al igual que el tratamiento T12: Kinetina 7 mg/l con 6 brotes. El mejor costo beneficio en los doce tratamientos de micropropagación estuvo dado en el T11 con una ganancia de \$1,96 de dólar por cada unidad invertida, seguido del T12 con una ganancia de \$1,95 de cada dólar invertido.

Palabras claves: Propagación in vitro; Paulownia; Citoquininas; Kinetina.

SUMARY

Paulownia is a plant species with large foliage, originally from China that for more than 20 years has been studied and subjected to experiments in Australian and American laboratories, in order to accelerate its growth. The Paulownia tree has become a new timber alternative that reduces harvesting time due to its warmth, rapid growth and high production expectations, considerable biomass production and CO₂ fixation capacity. The research work was carried out in the Laguacoto II sector, Guaranda canton, Bolivar province. The micropropagation of paulownia (*Paulownia tomentosa*) explants was evaluated by applying three types of cytokinins in four doses. The objectives of this research were i) To determine which of the three hormones has a better development. ii) To analyze the effect of the doses on the sprouting of the explant. iii) To establish the benefit-cost of the treatments under study. The methodology applied was a completely randomized experimental design with three replications and twelve treatments. Paulownia explants were propagated by applying three types of cytokinins in four doses in the Laguacoto II biotechnology laboratory. An analysis of variance, Tukey's test at 5% was carried out to compare the averages between treatments and factors under study. According to the results, the treatment with the highest number of shoots per explant was T11: Kinetin 5 mg/l with 6 shoots, as well as T12: Kinetin 7 mg/l with 6 shoots. The best cost benefit in the twelve micropropagation treatments was given by T11 with a profit of \$1.96 per unit invested, followed by T12 with a profit of \$1.95 per unit invested.

Key words: In vitro propagation; Paulownia; Cytokinins; Kinetin.

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

La Paulownia es una especie vegetal de gran follaje, originaria de China que por más de 20 años ha sido estudiada y sometida a experimentos en laboratorios australianos y estadounidenses, con la finalidad de acelerar su crecimiento. En la industria maderera en México actualmente demanda más de 25 millones de metros cúbicos de madera para muebles, empaques especiales y construcción; en contraposición, los tres mil productores que agrupa este sector apenas surten ocho millones de metros cúbicos de madera incluyendo el millón de metros cúbicos que exportan (Cualli, I. 2009).

La Paulownia se ha comparado con otras especies como el pino, encino y eucalipto, las cuales son altamente explotadas en la industria maderera, pero que requieren plazos entre 15 y 20 años antes de poder ser transformadas. El árbol de Paulownia, se convierte en una nueva alternativa maderable que disminuye tiempo de aprovechamiento por su calidez, rápido crecimiento y altas expectativas de producción, considerable producción de biomasa y capacidad de fijación de CO₂ (cada árbol elimina 21,7 kg de dióxido de carbono por año, 23950 kg / hectárea; cada árbol libera alrededor de 5,9 kg de oxígeno por día, 6486 kg /hectárea), posibilidad de aprovechamiento del follaje para el ganado, potencial uso para reforestaciones de terrenos agrarios abandonados y/o degradados, valor ornamental, etc (Ocaña, R. 2002).

Para la adaptación de especies forestales de rápido crecimiento del género (*Paulownia tomentosa*) a diversos ambientes bioclimáticos y suelos del Ecuador, aún no se ha reportado investigaciones, respecto a su comportamiento y potencial productivo, lo cual es fundamental si se pretende promover a esta especie a los productores forestales locales (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, 2010).

La biotecnología ofrece las técnicas de cultivos vegetales, las cuales tienen su mejor aplicación en la micropropagación o propagación masiva in vitro que es una

alternativa viable en la obtención de un gran número de especímenes con características deseables de alto valor agronómico, ecológico, ornamental y forestal, así como en la conservación de germoplasma, por lo anterior, una de las principales estrategias plantea la producción de planta para la reforestación en este sentido, la multiplicación de plantas (*Paulownia tomentosa*) a partir de brotes epicórmicos mediante la propagación in vitro, constituyen una alternativa valiosa para la producción a corto plazo de grandes volúmenes de plantas, que garanticen la demanda de la industria agroforestal Ecuatorianas (Murillo, O. 2007).

Las hormonas vegetales son productos sintetizados químicamente, es necesario tener en cuenta aspectos críticos como oportunidad de aplicación, dosis, sensibilidad de la variedad, condición de la planta, etc., ya que la planta requerirá de unas condiciones específicas de crecimiento que pueden afectarse por la concentración de ellos en el medio. Mediante el cultivo in vitro se han convertido en las primeras herramientas capaces de controlar el crecimiento por lo que su uso ha aumentado en los últimos años (Alcantara, J. 2017).

Los objetivos planteados en la presente investigación fueron:

- Determinar en cuál de las tres hormonas tiene un mejor desarrollo.
- Analizar el efecto de las dosis en la brotación del explante.
- Establecer el beneficio-costos de los tratamientos en estudio.

1.2 PROBLEMA

Uno de los principales problemas de la producción de plantas es a causa que existe la tala indiscriminada, de árboles esto ocasiona diferentes efectos perjudiciales al medio ambiente. Esta planta cada vez va disminuyendo debido a la dificultad que tiene al germinar mediante semillas, donde para los agricultores cultivar Paulownia es de menor interés, debido a que esta especie no tiene un mercado establecido para su comercialización.

La falta de asesoramiento al sector agrícola que carecen de conocimiento y el manejo tecnificado ya que esta planta es de monocultivo el uso de estas plantas está limitado por la escasez de material biológico, para la propagación.

El agricultor ha venido teniendo problemas al empleo de individuos (plantines) producidos tradicionalmente como; la baja rentabilidad, la crisis económica en los últimos años, los altos precios y la falta de cultura en la utilización de estos recursos. Por lo que no es factible la plantación directa de estacas de raíz obtenidas a campo, dado que se ha observado que las plantaciones realizadas de esta forma, posteriormente sufren problemas sanitarios que provocan la mortandad de sus individuos.

La presente investigación tiene el propósito de evaluar los explantes utilizando tres hormonas en dosis diferentes para obtener plantas de mejor calidad, donde la micropropagación permite producir y acelerar el crecimiento de varios brotes en pocos meses, esto da origen a muchas plantas en el cual se puede utilizarse para generar material de plantación libre de enfermedades lo que significaría que las necesidades de material vegetal para plantaciones serían solventadas en poco tiempo.

El uso de hormonas vegetales ofrece alternativas para mejorar los sistemas de producción, tienen como cualidades, estimular a las plantas, promover el desarrollo radicular, resistencia a enfermedades, estimulación del desarrollo vegetativo, translocación de nutrientes y por consiguiente aumentos en el rendimiento.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Origen del cultivo y distribución de Paulownia

El género Paulownia, se cultiva hace más de 2600 años, pero empezó a ser estudiado a partir de 1972 por el investigador forestal de origen chino Zhua Zhao-Hua, inicialmente fue plantado por los agricultores chinos con el fin de proteger sus cultivos de tormentas de arena o inundaciones, asegurando así buenas cosechas (Muñoz, F. 2014).

En la actualidad, después de diversas investigaciones se conocen en detalle todas sus virtudes tales como: árbol totalmente inocuo para el ambiente, rebrota cuando es cortado a los 3 años/ 8 veces como mínimo, produce 1m³ de madera a partir del noveno año, solo necesita riego durante los 3 primeros años; por dichas ventajas, este árbol empezó a ser desarrollado genéticamente para ejecutar proyectos de investigación en adaptación a distintos ambientes climáticos a fin de promover su cultivo en el mundo, tanto para reforestación como para uso maderable y energético (Lucas, M. 2011).

2.2 Clasificación taxonómica

En 1973, Zhu Zhao Hua y un grupo de científicos de la academia China, hicieron investigaciones sistemáticas corrigiendo el género y las especies, colocando al árbol de Paulownia en la familia de las Scrophulariaceae (Angiosperm Phylogeny Group III APG III, 2013).

Cuadro N° 1 Clasificación taxonómica de género Paulownia

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Lamiales
Familia	Paulownia
Género	Paulownia

Fuente: (Angiosperm Phylogeny Group III APG III), 2019

2.4 Descripción morfológica

Los árboles pertenecientes al género Paulownia presentan gran tamaño, crecen comúnmente entre 20 y 30 metros aunque también en algunos sitios alcanzan alturas superiores (Dimarco, E. 2014).

2.4.1 Raíces

Paulownia es un árbol de raíces profundas, con un sistema radicular bien desarrollado. Por lo general hay varias raíces grandes, dicotómicamente ramificadas que crecen hacia abajo hasta una longitud de 8 m. Las raíces de absorción son 1-5 mm de espesor y de hasta 60 cm de largo. En suelos arenosos, el 76% del sistema radicular de absorción es de 40 - 100 cm de profundidad. El desarrollo del sistema radicular está muy influenciado por la estructura del suelo; un suelo arenoso suelto y bien drenado, es ideal para Paulownia (Gutiérrez, J. 2009).

2.4.2 Tallo

Éste género se caracteriza por tener un fuste recto, cilíndrico, de color grisáceo, con suaves estrías longitudinales y casi nunca presentan nudos, los troncos pueden alcanzar entre 1.0 y 2.25 metros de diámetro.

El tallo tiene un rápido crecimiento, según las condiciones del terreno pueden alcanzar 4 m en su primer año, sumando 2-3 m más en el segundo año, pudiendo alcanzar los 12 m a los 5 años, Una de las características notables de estos árboles es que después del corte, presentan brotación con rápido crecimiento, posibilitando turnos de rotación cortos de 2-3 años, con una producción media de 30-35 Ton/Ha/año En el país de origen existen árboles que alcanzan los 10 m de altura, con una edad de cuatro años, poseen un tronco limpio de 5 m, y hasta 22 cm de diámetro a la altura del pecho. Al este asiático se pueden encontrar árboles de Paulownia de 10 años con 45 – 50 cm de DAP (Diámetro a la Altura del Pecho). (Comisión Nacional de Mercado CNE, 2007).

2.4.3 Hojas

Este género presenta hojas de gran tamaño, color verde oscuro en forma ovalada y

acorazonada, de 20 a 40 centímetros de ancho, opuestos en las ramas. Se trata de una especie caducifolia que presenta una copa ancha y ramas de crecimiento horizontal las hojas se utilizar como forraje para el ganado, además contienen aproximadamente un 20 % de proteínas, parecido a la alfalfa (Camino, E. 2018).

2.4.4 Flores

Son de colores variados según especies y variedades de Paulownia, encontrando desde el rosa hasta el azul violáceo, con degradados hacia el blanco, siendo más púrpuras cuando nacen y más claras al alcanzar la madurez, lucen un tono más uniforme por el exterior y un fuerte moteado violeta por el interior, tienen formas de campana o trompetas, entre 5 y 8 cm de longitud, son desde un punto de vista estrictamente botánico, zigomorfo, pentámero y gamopétalo. La flor es hermafrodita con un androceo didínamo. Las flores son muy aromáticas y melíferas. Un hecho importante que hay que tener en cuenta es que la floración ocurre una vez por año (Camino, E. 2018).

2.4.5 Fruto

Botánicamente el fruto de éste árbol es una cápsula elíptica y puntiaguda, aproximadamente tiene entre 3 y 5 cm de longitud, y en su interior se encuentran muchas semillas aladas, las cuales permite facilitar la difusión por el viento, cuando el fruto se abre mediante una dehiscencia loculicida (Camino, E. 2018).

2.4.6 Semillas

Las semillas de Paulownia son ligeras, pequeñas y aladas. Su germinación y crecimiento requiere luz intensa debido a lo cual, esta especie no puede regenerar de forma natural bajo un dosel arbóreo (Rodríguez, A. 2017).

2.5 Características de la madera

La madera de Paulownia se distingue por tener características organolépticas tales como: color muy claro, muy resistente, ultraligera, fácil de trabajar y de grano fino, que la han posicionado como una madera semipreciosa. Además esta madera es preferida para la construcción por sus excelentes características de trabajo y alta

resistencia al fuego pues su temperatura de ignición está entre los 420 y 430°C, comparada con el promedio de las maderas duras que va de 220 a 225°C, también posee una baja densidad cuyos valores están entre 300 y 400 Kg/m³. Además es resistente a la deformación, torsión y agrietamiento, posee una gran capacidad aislante y un tiempo de secado muy corto (24 – 48 horas en hornos para madera y 30 – 60 días al aire libre) (Maderero, D. 2016).

Otra característica de esta madera es su costo en el mercado internacional, ya que oscila entre los 800 y 1200 dólares por m³ al mayoreo (Castellanos, O. 2006).

2.6 Usos de la madera

La madera de Paulownia debido a su resistencia, ligereza, estabilidad y alta calidad, es ideal para la producción de mobiliario, instrumentos musicales y el revestimiento de interiores. También es usada en carpintería general, armarios, puertas, ventanas, molduras, marcos, embalajes, cajas, madera contrachapada y en juguetes, así como para la obtención de fibra de madera, pulpa para papel, madera en rollo y para biomasa (Rojas, S. 2007).

2.7 Requerimientos edafoclimáticos

2.7.1 Altitud

En su rango de distribución natural las especies de Paulownia se encuentran en altitudes que varían entre 600 y 2.000 msnm, creciendo tanto en cerros como en los valles bien drenados. La mayor diversificación de las especies y clones naturales se acentúa en valles con altitudes entre 1.000 y 1.500 msnm (Falconier, M. 2019).

2.7.2 Clima

Se adapta a una gran variedad de climas, pues el rango de temperaturas al que pueden adecuarse las especies del género varía ampliamente, llegando a soportar mínimas absolutas de -20°C y máximas absolutas de 45°C. Diferentes experiencias, demuestran que el rango óptimo de temperaturas para el crecimiento en altura y diámetro, se localiza usualmente entre 24 y 29°C de temperatura media diaria (Lucas, M. 2011).

2.7.3 Suelos

El árbol de Paulownia tiene la capacidad de desarrollarse en suelos pobres o erosionados, siempre y cuando se aporte abono orgánico y un sistema de riego. Paulownia no es un árbol propio de zonas áridas, pero desde el punto de vista económico, esta especie desarrolla un óptimo uso de los recursos disponibles, y su capacidad de crecimiento es la más elevada del reino vegetal (Castellanos, O. 2006).

2.8 Propagación

La propagación principal del árbol es por vía asexual, uno de los más utilizados es el método in vitro. Ya que al obtenerse por semilla, germinarían árboles con escaso vigor, sin uniformidad de crecimiento y con un rendimiento inaceptable, debido a ciertas características de la planta, como la autofecundación, que debe ser corregida mediante técnicas de fecundación dirigida a árboles de diferentes clones para obtener semillas viables. Además de que los árboles provenientes de semilla salen tan caros o más que los obtenidos in vitro (Castellanos, O. 2006).

2.9 Cultivo de tejidos in vitro

El cultivo de tejidos vegetales, es un conjunto de técnicas que permite el establecimiento, mantenimiento y desarrollo de cualquier parte de la planta, desde una célula hasta un organismo completo, bajo condiciones artificiales y asépticas (Grijalva, J. 2016).

Así mismo, es una herramienta de gran valor para la resolución de problemas básicos y aplicados en la biología molecular y biotecnología vegetal, ya que brinda la oportunidad de diseñar modelos ideales para el estudio de la fisiología, bioquímica, genética, clonación, conservación, manipulación in vitro y la obtención de plantas genéticamente modificadas (Ross, J. 2000).

El cultivo de tejidos en forestales empezó, cuando publicó su estudio desarrollo de un callo sobre porciones de tejido de *Salix caprea* y *Populus nigra*. Gautheret, describió la obtención de yemas adventicias y tallos con hojas in vitro de *Sequoia sempervirens*, no obtuvo la formación de plantas completas (Lascano, M. 2008).

La mayoría de las especies forestales se reproducen sexualmente por polinización abierta, lo que mantiene una continua variación de muchos caracteres en las subsecuentes generaciones. Las características deseables podrían conservarse en la progenie si estos árboles se propagan vegetativamente o en forma clonal (Limongi, R. 2011).

2.10 Micropropagación

La micro propagación es una técnica de propagación vegetativa basada en la capacidad que poseen las células vegetales de dividirse y de regenerar órganos y plantas enteras, cuando son sometidas a condiciones nutritivas y ambientales adecuadas y son estimuladas con determinados reguladores de crecimiento (Armijos, R. 2016).

Las características esenciales del método son:

2.10.1 Propagación vegetativa

Es decir, sin participación de los órganos reproductores de la planta, por medio de la estimulación de la inducción de yemas axilares que darán lugar a nuevos brotes que, una vez enraizados, formarán las nuevas plantas. Es una propagación masiva, ya que la formación de yemas puede ser estimulada en gran número y en corto espacio de tiempo. Además es una propagación clonal, ya que la formación de yemas axilares asegura la producción de plantas conformadas genéticamente al tipo original (Castillo, A. 2004).

2.10.2 Propagación in vitro

Tiene lugar en frascos de cultivo, y con medios de cultivo definidos en los que se controla la composición y concentración de sus componentes. Tiene lugar fuera del ambiente natural, en cámaras de cultivo donde son controladas las condiciones ambientales (luz, temperatura, humedad relativa) que se mantienen a unos niveles óptimos para el crecimiento.

Se mantienen las condiciones asépticas en todas las manipulaciones, evitando las contaminaciones por hongos o bacterias que proliferarían con rapidez en el medio

de cultivo afectando negativamente al cultivo de tejidos. Para ello es esencial la esterilización del material vegetal y de los frascos y medios de cultivo (Armijos, R. 2016).

2.10.3 Cultivo de segmentos nodales

El explante más usado en los procesos de micro propagación in vitro son las yemas vegetativas de las plantas. En los nudos o segmentos caulinares hay tejidos de crecimiento laterales que pueden ser estimulados para que desarrollen nuevos vástagos, es decir al realizar este tipo de cultivo se aísla una yema junto con una porción de tallo, para que posteriormente la acción de citoquininas frene la dominancia apical e induzca la formación de yemas axilares, cuando se produce un número suficiente de yemas, pueden ser enraizados, y las plántulas obtenidas trasladadas al suelo (Ordóñez, M. 2013).

2.10.4 Medio de cultivo

El material vegetal solo crecerá in vitro cuando se le provee de un medio nutritivo especializado. Un medio usualmente consiste en una solución de sales suplementado con los macro y micro elementos necesarios para el crecimiento de una planta entera. Los compuestos orgánicos que se incluyen en un medio de cultivo son numerosos y pertenecen a distintos grupos: vitaminas, aminoácidos, azúcares y reguladores de crecimiento (Armijos, R. 2016).

Cuadro N° 2 Sustancias que se añaden al medio de cultivo para su brotación.

Necesidades nutricionales y hormonales de los cultivos de órganos y tejidos vegetales
Reguladores de crecimiento: Auxinas, Citoquininas, Giberelinas, Ácido abcísico, Etileno
Macroelementos: N, P, K, Ca, Mg, S
Microelementos: Fe, Co, Zn, Ni, Mn, Cu, I, Mo
Azúcares
Aminoácidos
Agua
Mezclas de sustancias poco definidas: Extracto de levadura leche de coco extractos vegetales hidrolizados de caseína peptona y triptona

Fuente: (Pierik R, 2017)

2.11 Reguladores de crecimiento

Algunos compuestos químicos presentes de manera natural en las plantas cumplen una función regulatoria tanto en el crecimiento como en el desarrollo de la planta. Estos compuestos son activos generalmente a muy bajas concentraciones y son conocidos como hormonas vegetales. Algunos de estos compuestos pueden ser producidos sintéticamente y tienen una actividad fisiológica similar a los producidos por los tejidos vegetales, por eso se llaman reguladores de crecimiento. Existen muchas clases de sustancias reguladores reconocidos como tales, y han sido clasificadas en 5 grupos: auxinas, citoquininas, giberelinas, etileno y ácido abscísico. Las auxinas y las citoquininas son las más importantes en la regulación del crecimiento y morfogénesis de los tejidos y órganos vegetales (Alcantara, J. 2017).

2.11.1 Bencil-adenina (BA)

Inhibidor de la quinasa respiratoria en plantas. La 6-benciladenina —que aumenta la vida poscosecha de verduras verdes— es un regulador del crecimiento de las plantas utilizado para estimular el crecimiento en manzanas, melones, naranjas, rosas, peras, cerezas dulces y pinos blancos. También se utiliza para establecer y examinar la tecnología óptima de propagación rápida de *S. tonkinensis* mediante prueba ortogonal (Fisher, S. 2021).

2.11.2 Bencilaminopurina (BAP)

El regulador fisiológico bencilaminopurina es de la familia de las citoquininas, por lo tanto, estimulan la división celular, promueven la formación de capullos laterales, induce los cambios metabólicos, la floración y la fructificación e inhibe el envejecimiento de las plantas (Londoño, M. 2021).

2.11.3 Kinetina (KN)

La kinetina es una citoquinina que son hormonas vegetales que promueve la división celular y el crecimiento de las plantas. Se demostró que existe de forma natural en el ADN de organismos, incluidos humanos y varias plantas. Si bien la

kinetina se usa en cultivos de tejidos para producir nuevas plantas, también se encuentra en productos cosméticos como agentes antienvjecimiento (Lewis, R. 2021).

2.12 Auxinas

Las auxinas son el grupo de reguladores de crecimiento más conocido, derivadas del aminoácido triptófano que se sintetizan en los ápices de los brotes y en las raíces y se transportan por medio del floema. Cuando se adicionan en cantidades adecuadas, pueden regular la elongación celular, la división celular, la formación de raíces adventicias y puede inducir a la embriogénesis. También, son las responsables de los tropismos. Las auxinas más utilizadas en los medios de cultivo vegetales pueden ser sintéticas como el ácido indol butírico (AIB), ácido naftalen acético (ANA), 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D); o naturales como el ácido indol acético (AIA) y sus derivados como el ácido fenil acético (Rivero, M. 2011).

2.13 Citoquininas

Las citoquininas son sustancias derivadas de las purinas que se sintetizan en los meristemos apicales de la raíz, hojas en desarrollo y en embriones jóvenes y se transportan a los brotes a través del xilema. Pueden regular la división celular, estimular la formación de brotes axilares y adventicios, regular la diferenciación, inhibir la formación de raíces y estimular la actividad de enzimas y proteínas (Jácome, A. 2011).

“Las citoquininas más utilizadas son sintéticas, como la kinetina (KIN) y la 6 bencilaminopurina (BAP), una de las citoquininas más activas; o naturales como la zeatina (ZEA) y la isopentiladenina (2iP) (Jácome, A. 2011).

2.14 Giberelinas

Las giberelinas se forman por diterpenos y son utilizadas raramente en el cultivo de tejidos. Son producidas en los ápices de los tallos y son conducidos por medio del floema. Se utilizan para promover la floración, romper la dormancia de semillas, yemas y bulbos; y para la elongación celular. Por lo general inhiben la formación

de raíces y vástagos adventicios. Pueden inducir la actividad del cambium en algunos árboles de climas templados para que broten en primavera. También, son responsables de la geminación de semillas, ya que cuando éstas toman agua estimulan la acción de la amilasa que forma la glucosa, su aumento provoca la síntesis de giberelina y el consecuente desarrollo de un embrión para dar lugar a una nueva planta (Rivero, M. 2011).

2.15 Etileno y ácido abscísico

“El etileno estimula la maduración de frutos y la senescencia de flores y hojas. También promueve el crecimiento lateral, importante durante la germinación aunque reduce la velocidad de elongación de las células (Rivero, M. 2011).

El ácido abscísico (ABA) en la mayoría de los casos, produce un efecto negativo en el cultivo de tejidos ya que puede inhibir la acción de las auxinas, giberelinas y citoquininas; actuando como una defensa natural contra el estrés fisiológico. Esto se puede dar debido a que su acción provoca el cierre de estomas. En algunos casos promueve la maduración de embriones y cuando se realizan suspensiones facilita la sincronización celular (Recalde, C. 2007).

2.16 Fases de la micropropagación

Los principios básicos de la técnica de la micropropagación son iguales en los diferentes tipos de plantas, que consta de cinco etapas desde la etapa 0 hasta la IV, con requerimientos nutritivos, hormonales y ambientales diferentes:

- ❖ Fase 0: Desinfección
- ❖ Fase 1: Establecimiento del cultivo
- ❖ Fase 2: Multiplicación de propágulos
- ❖ Fase 3: Enraizamiento
- ❖ Fase 4: Restablecimiento de las plantas a suelo (Martínez, L. 2008).

2.17 Establecimiento del cultivo

El inicio del cultivo es una fase muy delicada en la que la porción de tejido vegetal que sirve de inóculo (explante) debe sobrevivir al aislamiento del resto de la planta

original y comenzar el crecimiento in vitro. El medio de cultivo debe proporcionar al explante todo lo que necesita para vivir y desarrollarse (Armijos, R. 2016).

Dos factores son particularmente importantes en el establecimiento del cultivo: el explante y la esterilización.

2.17.1 Explante

La elección del tipo de explante puede ser determinante para el éxito del establecimiento del cultivo. En la micropropagación de frutales, los más adecuados son los ápices de tallo y las yemas axilares, en los que los meristemas apicales mantienen las características genéticas de la planta original y son capaces de continuar su crecimiento. Otro aspecto importante es el tamaño, es decir, la cantidad de tejidos que acompañan al meristemo y que juegan un papel nutritivo y de protección a los tejidos meristemáticos. Pero mientras mayor es el explante existen mayores posibilidades de contaminación por bacterias o esporas de hongos existentes en la planta original, aunque también es mayor la probabilidad de supervivencia por lo que hay que tomar una decisión de compromiso. Habitualmente se toman yemas apicales y nudos de ramas con una yema axilar, o yemas aisladas en las que por disección se eliminan las pérulas exteriores y se dejan unos pocos esbozos foliares. En el caso de que el objetivo sea la eliminación de enfermedades virales es necesario reducir el tamaño a 0.1-0.5 mm para asegurarnos de tomar solo tejidos meristemáticos libres de virus, por lo que las dificultades técnicas para la supervivencia del explante aumentan considerablemente (Roca, W. 2007).

2.17.2 Esterilización

Una vez tomados los explantes y antes de ser introducidos en el medio de cultivo hay que eliminar todas las esporas de hongos y bacterias que tienen en su superficie. El grado de esterilización necesario dependerá del estado de la planta madre. Si partimos de plantas crecidas en el exterior, la presencia de gérmenes será mayor que si se han cultivado en invernadero, con cuidados como el no mojar la parte aérea al regar y con tratamientos fitosanitarios adecuados. En cualquier caso, la

humedad siempre favorece el desarrollo de hongos que posteriormente afectarán al cultivo (Armijos, R. 2016).

2.18 Multiplicación de propágulos

La formación de yemas adventicias puede aumentar sensiblemente el factor de multiplicación respecto a las axilares, ya que no está limitada a la existencia de un tejido determinado, pero debe evitarse para asegurar la conformidad de las plantas regeneradas. Según el hábito de crecimiento in vitro, pueden realizarse dos tipos de multiplicación axilar: secciones nodales, es decir, cortando los nudos de los brotes con una yema axilar que dará lugar a un nuevo brote cada uno; o por ramificación axilar mejorada, cuando por la técnica de división y por los reguladores de crecimiento utilizados, se suprime la dominancia apical y se provoca la aparición de numerosos brotes axilares, que pueden ser separados individualmente o por grupos (Bridg, H. 2012).

Cada cierto tiempo es necesario realizar subcultivos, ya que los brotes crecen y ocupan el espacio del frasco de cultivo, a la vez que agotan los nutrientes del medio y acumulan en sustancias de desecho y exudados que pueden resultar inhibidores o provocar el envejecimiento del cultivo. Para mantener la tasa de crecimiento y multiplicación es necesario pasar los nuevos explantes, separados de sus cultivos, a medio reciente. El periodo de tiempo mínimo entre dos subcultivos (generalmente 1 mes) y el tipo de manipulación realizada en el material en cultivo afectan a los resultados de la multiplicación (Roca, W. 2007).

2.19 Enraizamiento

La regeneración de raíces adventicias para formar plantas completas es un punto crítico en la propagación vegetativa. El enraizamiento está influido por varios factores como:

2.19.1 Factores genéticos

Las especies y variedades que enraízan más fácilmente en el campo también lo hacen in vitro (Jarvis, B. 2016).

2.19.2 Factores fisiológicos

El estado fisiológico en que se encuentra el brote es muy importante. Está influido tanto por el origen del explante como por los subcultivos anteriores. Los explantes tomados de plantas jóvenes enraízan con más facilidad que los tomados de plantas adultas. El enraizamiento mejora al aumentar el número de subcultivos in vitro, dado que se produce un presunto rejuvenecimiento, también con la etiolación y con heridas basales. Por otra parte, el enraizamiento es perjudicado por una alteración fisiológica, la vitrificación, en la que los tejidos se vuelven hiperhídricos (Jarvis, B. 2016).

2.20 Restablecimiento de las plantas a suelo

Una vez obtenidos los brotes necesarios en la fase de multiplicación, debemos prepararlos para el trasplante a suelo y adaptarlos al ambiente exterior. Si los brotes no han alcanzado un tamaño que los haga manejables (unos 2 cm o más) deberá estimularse el crecimiento reduciendo la concentración de citoquinina en el medio. El enraizamiento, puede realizarse in vitro, pasando los brotes individuales a un medio con alta concentración de una auxina (generalmente IBA a 1.3 mg/l) y sin citoquininas, durante un periodo corto de inducción de raíces, para ser pasados luego a otro desarrollo sin reguladores de crecimiento. También es posible realizar el enraizamiento in vivo, fuera de los frascos de cultivo, tratando a los brotes como micro estaquillas y aplicándoles tratamientos de auxinas, bien hundiendo la base en auxina en polvo, bien sumergiéndolas en una solución acuosa (Marín, J. 2017).

Las plantas que en los frascos de cultivo adquieren una estructura de plantas de sombra, desarrollan, al ser aclimatadas, adaptaciones a las nuevas condiciones ambientales, con mayor irradiación, menor humedad relativa y un cambio en el modo de nutrición, pasando a ser plantas autótrofas. La pérdida de agua moderada y controlada que sufren durante el proceso de aclimatación estimula el transporte a través de las raíces y del xilema de agua hacia los tejidos foliares, compensando así la pérdida ocasionada, pero también estimula el desarrollo de nuevas hojas, que pueden ser observadas en un corto plazo de una semana (Bridg, H. 2012).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Materiales

3.1.1 Localización de la investigación

Esta investigación se realizó en:

Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Gabriel Ignacio Veintimilla
Sitio	Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, en la granja Laguacoto II.

3.1.2 Situación geográfica y climática

Altitud	2.622 msnm
Latitud	01°36'52"S
Longitud	78°59'54"W
Temperatura media anual	14.8 °C
Temperatura máxima	21 °C
Temperatura mínima	7 °C
Precipitación media anual	980 mm
Heliofanía promedio	900 /horas/luz/año
Velocidad de viento	6 m/s

Fuente: Estación Meteorológica Laguacoto II. UEB. 2020 y registro In Situ. 2021

3.1.3 Zona de vida

De acuerdo a la zona de vida de Holdridge, L., la localidad se encuentra dentro del bosque Seco Montano Bajo (bs-MB).

3.1.4 Material experimental

- ❖ Explantes
- ❖ Citoquininas

3.1.5 Materiales de laboratorio

- ❖ Vasos de precipitación
- ❖ Mechero de alcohol
- ❖ Erlenmeyers
- ❖ Tubo de ensayo
- ❖ Probetas aforas
- ❖ Cajas Petri
- ❖ Pinza
- ❖ Bisturí
- ❖ Atomizadores
- ❖ Marcadores
- ❖ Cinta rolopac
- ❖ Frascos de vidrio
- ❖ Fósforos
- ❖ Guantes
- ❖ Mandil
- ❖ Mascarilla

3.1.6 Equipos de laboratorio

- ❖ Agitador magnético
- ❖ Autoclave
- ❖ Balanza de precisión
- ❖ Cámaras de flujo laminar horizontal
- ❖ Destilador de agua

3.1.7 Reactivos

- ❖ Bencil-adenina (BA)

- ❖ 6-Bencilaminopurina (BAP)
- ❖ Kinetina (KN)

3.1.8 Equipos y material de oficina

- ❖ Cámara fotográfica
- ❖ Libreta de apuntes
- ❖ Esferos
- ❖ Internet
- ❖ Computador
- ❖ Impresora
- ❖ Hojas de papel boom A4

3.2 Métodos

3.2.1 Factor en estudio

Fitoreguladores: “FA”

- ❖ A1: Bencil adenina (BA)
- ❖ A2: 6-Bencil aminopurina (BAP)
- ❖ A 3: Kinetina (KN)

Dosis: “FB”

- ❖ B1: 1 mg/l
- ❖ B2: 3 mg/l
- ❖ B3: 5 mg/l
- ❖ B4: 7 mg/l

3.2.2 Tratamientos

Son 12 tratamientos en DCA

Numero de Tratamiento	Código	Descripción
T1	A1B1	<i>Paulownia tomentosa</i> + BA + 1 mg/l
T2	A1B2	<i>Paulownia tomentosa</i> + BA + 3 mg/l
T3	A1B3	<i>Paulownia tomentosa</i> + BA + 5 mg/l
T4	A1B4	<i>Paulownia tomentosa</i> + BA + 7 mg/l
T5	A2B1	<i>Paulownia tomentosa</i> + BAP + 1 mg/l
T6	A2B2	<i>Paulownia tomentosa</i> + BAP + 3 mg/l
T7	A2B3	<i>Paulownia tomentosa</i> + BAP + 5 mg/l
T8	A2B4	<i>Paulownia tomentosa</i> + BAP + 7 mg/l
T9	A3B1	<i>Paulownia tomentosa</i> + KN + 1 mg/l
T10	A3B2	<i>Paulownia tomentosa</i> + KN + 3 mg/l
T11	A3B3	<i>Paulownia tomentosa</i> + KN + 5 mg/l
T12	A3B4	<i>Paulownia tomentosa</i> + KN + 7 mg/l

3.2.3 Tipo de diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA)

3.2.4 Procedimiento

Número de localidades	1
Número de tratamientos	12
Número de repeticiones	4
Número de unidades experimentales	48
Número total de esquejes:	144

3.2.5 Tipo de análisis

Análisis de varianza (ADEVA), según el siguiente detalle

Fuentes de variación	Grados de libertad	CME*
Tratamientos (t-1)	11	$\beta^2 e + \beta^2$
Factor A: Fito reguladores (3-1)	2	$\beta^2 e + 0^{2a}$
Factor B: Dosis (4-1)	3	$\beta^2 e + 0^2 B$
FA x FB: (A-1) (B-1)	6	$\beta^2 e + 0^2 AxB$
Error experimental t (r-1)	36	$\beta^2 e$
Total (t x r)-1	47	

Cuadrados medios esperados. Modelo fijo. Tratamientos seleccionados por los investigadores

- ✓ Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A, factor B y AxB.
- ✓ Prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de los tratamientos en las variables que sean significativas (Fisher protegido).
- ✓ Análisis de la relación beneficio/costo.

3.3 Métodos de evaluación y datos tomados

3.3.1 Número de explantes contaminados (NEC)

Se evaluó por observación directa la presencia de agentes patógenos causados por hongos durante los 15 y 45 días que es el tiempo que transcurrió desde el subcultivo a sus respectivos medios de proliferación. Considerando que un frasco está contaminado cuando en el medio de cultivo se observó la presencia de manchas (esporas) blanquecinas o grises, las cuales con el transcurso del tiempo se diseminaron por todo el frasco formando una estructura algodonosa.

3.3.2 Días a la brotación (DB)

Se contabilizó los días transcurridos desde el inicio de la siembra, hasta cuando el 50% de los explantes presentó al menos un brote.

3.3.3 Porcentaje de brotación (PB)

Por observación visual, se registró la brotación de las yemas a los, 15, 30 y 45 días a partir de la siembra, se estimuló una relación porcentual de las mismas frente al número total de yemas/tubo.

3.3.4 Número de brotes por explante (NBE)

Se tomó por observación directa a partir de los 15, 30 y 45 días del último subcultivo a sus respectivos medios de proliferación con fito-reguladores y en dosis respectivas en cada frasco, se consideró un brote al presentar este al menos dos hojas.

3.3.5 Longitud de brotes (LB)

La variable se midió con la ayuda de una regla milimetrada, se midió el tamaño de la planta, desde la base del tallo hasta la yema terminal (punta) a los 30, 45 y 75 días del subcultivo en una muestra al azar de plantas de cada tratamiento, con estos datos se calculó la altura promedio por planta en centímetros para cada unidad experimental.

3.3.6 Número de hojas por brote (NHB)

Esta variable se evaluó mediante observación directa en el frasco a los 15, 30 y 45 días del subcultivo a sus respectivos medios de proliferación con fito reguladores y dosis respectivas, se consideró hojas desarrolladas todos menos la primera y la última, las cuales estuvieron en desarrollo.

3.3.7 Longitud de hojas por explantes (LHE)

Esta variable se tomó con la ayuda de una regla, lo cual será expresado en centímetros (cm) desde el ápice terminal y la inserción peciolar.

3.3.8 Días a la emisión de raíces (DER)

Se procedió a tomar el registro de acuerdo a los días transcurridos desde que el explante haya emergido totalmente, datos tomados por cada tratamiento.

3.3.9 Número de raíces (NR)

Se contabilizó el número de raíces de cada vitroplanta a los 30, 45 y 75 días, desde la siembra de los explantes a los medios de cultivo.

3.3.10 Longitud de las raíces (LR)

Se midió con una regla, el largo de la raíz en centímetros (cm) desde el cuello hasta el ápice de la raíz, de acuerdo a los días transcurridos desde el explante hasta que haya emergido totalmente, en cada tratamiento.

3.4 Manejo de la investigación

3.4.1 Selección de plantas

Se seleccionó las condiciones físicas adecuadas para el desarrollo de las vitroplantas, se verificó el estado de sanidad de la planta madre con la finalidad de que no influya en la obtención de buenos explantes.

3.4.2 Preparación del medio de cultivo

Para la preparación del medio de cultivo se procedió a pesar en una balanza analítica, todos los reactivos requeridos los cuales son: Gelificante Agar, Sacarosa, los reguladores de crecimiento como Bencil-adenina, 6-Bencilaminopurina, Kinetina, los micro y macronutrientes y las vitaminas de acuerdo al requerimiento necesario de la cantidad de medio de cultivo a preparar para el trabajo de investigación.

3.4.3 Recolección y selección de los brotes del invernadero

Para la recolección de los brotes se procedió a cortar con la ayuda de un bisturí desinfectado 15 cm de longitud, posteriormente se llevó al laboratorio para realizar la respectiva desinfección.

3.4.4 Desinfección del material experimental.

Para la desinfección del material experimental, se lavó los brotes con solución de jabón líquido al 1% más agua en un tiempo de 20 minutos, a continuación se llevó a la cámara de flujo laminar donde se desinfecto con cloro al 60% durante 10 minutos, luego con el agua destilada esterilizada se tuvo que lavar tres veces consecutivas en un lapso de tres minutos cada lavado.

3.4.5 Introducción del material experimental

Terminada la desinfección se procedió a realizar la siembra de los explantes al medio de cultivo, con la ayuda de las pinzas, se introdujeron los explantes a los frascos de vidrio que contienen medio de cultivo, al finalizar la siembra los frascos de vidrio se flamearon a lo largo de los bordes superiores y sellados con plastifilm e identificados con los tratamientos correspondientes.

3.4.6 Preparación del medio de cultivo con las diferentes dosis

Volumen 1000ml	
Azúcar	9g
Stook 1	100ml
Stook 2	10ml
Stook 3	10ml
Vitaminas	10ml
BA	10,30,50, 70ml
pH	5.6- 5.7
Agar	9g

Volumen 1000ml	
Azúcar	9g
Stook 1	100ml
Stook 2	10ml
Stook 3	10ml
Vitamina	10ml
K	10,30,50,70ml
pH	5.6- 5.7
Agar	9g

Volumen 1000ml	
Azúcar	9g
Stook 1	100ml
Stook 2	10ml
Stook 3	10ml
Vitaminas	10ml
BAP	10,30,50, 70ml
pH	5.6- 5.7
Agar	9g

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Días a la brotación (DB); Longitud de hoja por explante (LHE); Días a la emisión de raíces (DER) y Longitud de raíces (LR)

Cuadro N° 3 Resultado de la prueba de Tukey al 5%, para comparar promedios de la interacción (AxB) en las variables: Días a la brotación (DB); Longitud de hoja por explante (LHE); Días a la emisión de raíces (DER) y Longitud de raíces (LR).

DB (*)			LHE (**)			DER (*)			LR (*)		
Trat	Promedios	Rango	Trat	Promedios	Rango	Trat	Promedios	Rango	Trat	Promedios	Rango
T2	15,00	A	T12	2,02	A	T2	27,50	A	T12	3,92	A
T5	12,00	AB	T11	1,67	AB	T10	25,75	A	T11	3,10	AB
T7	11,25	AB	T10	1,52	ABC	T11	24,75	A	T10	2,97	AB
T10	9,00	AB	T2	1,25	ABCD	T12	22,25	AB	T2	2,90	AB
T11	9,00	AB	T7	1,02	ABCDE	T5	21,25	AB	T5	1,77	ABC
T12	8,50	AB	T5	0,95	ABCDE	T7	19,75	AB	T7	1,60	ABC
T9	5,00	AB	T9	0,72	BCDE	T9	13,50	AB	T9	1,02	BC
T8	4,25	AB	T6	0,40	CDE	T6	6,75	AB	T8	0,72	BC
T6	3,25	AB	T4	0,30	CDE	T4	6,50	AB	T4	0,62	BC
T4	3,00	AB	T8	0,27	DE	T8	6,25	AB	T6	0,62	BC
T1	0,00	B	T1	0,00	E	T1	0	B	T1	0,00	C
T3	0,00	B	T3	0,00	E	T3	0	B	T3	0,00	C
Media general= 6,68 días			Media general= 0,84 cm			Media general= 14,52 días			Media general= 1,60 cm		
CV= 77,39%			CV= 58,94%			CV= 67,78%			CV= 63,05%		

NS = No Significativo; *=significativo; ** = Altamente significativo al 1%. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5%. CV = Coeficiente de Variación. **Fuente:** Investigación de campo, 2022.

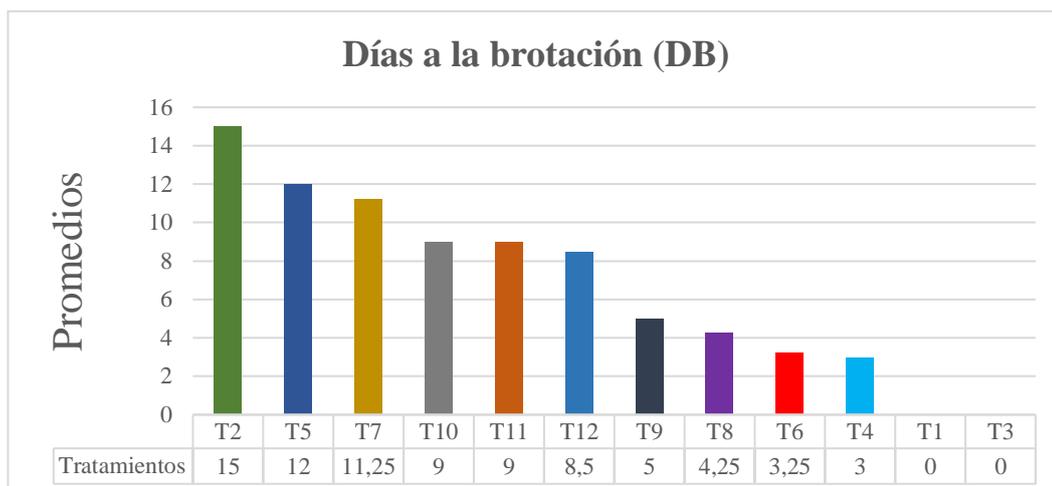


Gráfico N° 1 Promedio de los tratamientos AxB de la variable días a la brotación (DB)

Análisis e interpretación

En cuanto a la variable días a la brotación en laboratorio (DB) se presentó una media general de 7 días y un CV de 77,39% (Cuadro N°3).

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 T2; Bencil adenina + 3 mg/l con 15 días al brotar, lo que demuestra que en este intervalo de tiempo no se llegaron a presentar brotes. Mientras, que el tratamiento con más bajo promedio en cuanto a esta variable estuvo dado en los tratamientos T1; Bencil adenina + 1 mg/l y T3; Bencil adenina + 5 mg/l con 0 días de brotación, lo que quiere decir que en estos tratamientos no hubo presencia de brotes (Cuadro N°3 y Gráfico N°1).

De acuerdo a los resultados dados en la variable días a la brotación se puede inferir que dependió de las condiciones asépticas en las cuales fue desarrollado, al igual que el contenido de macro y micro nutrientes con los que está formado el medio de cultivo.

En la *Paulownia tomentosa* los efectos son más llamativos en cultivos in vitro que en combinación con auxinas para estimular la división celular y controlar la morfogénesis, promueven la dominancia apical y estimulan la brotación de las yemas laterales (Torró, M. 2018).

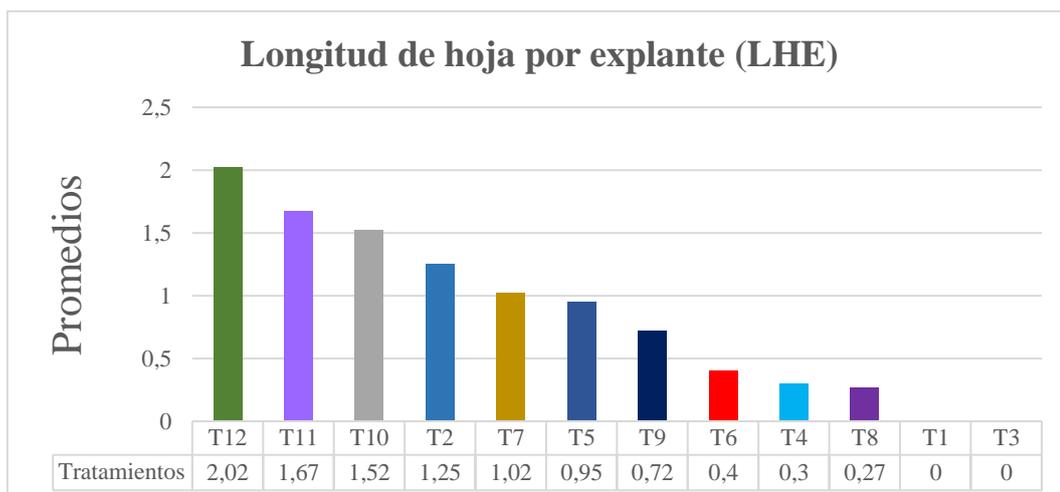


Gráfico N° 2 Promedio de los tratamientos AxB de la variable longitud de hoja por explante (LHE)

Análisis e interpretación

La longitud de hoja por explante (LHE) se presentó una media general de 0,84 cm y un CV de 58,94% (Cuadro N°3).

Con la prueba de Tukey al 5%, el promedio más alto en cuanto a la variable longitud de hoja por explante está dado en el T12; Kinetina + 7 mg/l con 2,02 cm de longitud, mientras, que el promedio más bajo en cuanto a la variable en estudio está en el T8; Bencil aminopurina + 7 mg/l con un promedio de 0,27 cm. Haciendo referencia con la variable días a la brotación se menciona que los tratamientos T1; Bencil adenina + 1 mg/l y T3; Bencil adenina + 5 mg/l, no presentaron brotes lo que representa que sus promedios sean 0 cm respectivamente (Cuadro N°3 y Gráfico N°2).

Las plantas obtenidas in vitro tienen: hojas delgadas, tallos y raíces débiles, poco funcionales, conexión tallo-raíz incompleta, baja tasa fotosintética.

Aquellos tratamientos en los cuales estuvo presente la citoquinina BAP presentan alturas entre 8,6 mm y 12 mm como máximo, mientras que aquellos tratamientos en los cuales se aplicó KN presentan los valores más altos en altura, lo cual demuestra una mayor altura foliar (Pierik. 1997 citado por Mollohuanca, C. 2021).

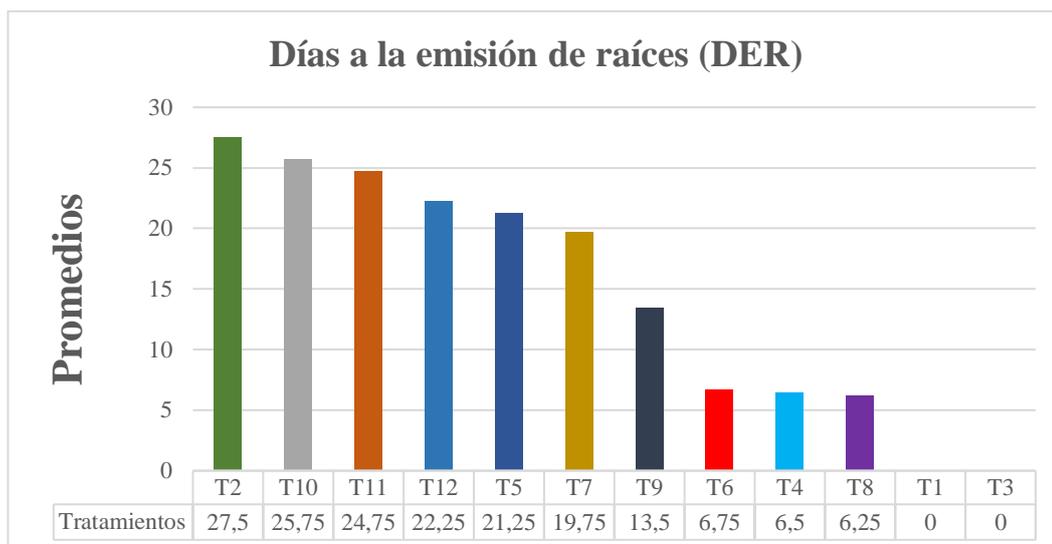


Gráfico N° 3 Promedio de los tratamientos AxB de la variable días a la emisión de raíces

Análisis e interpretación

En la variable días a la emisión de raíces (DER) se presentó una media general de 15 días y un CV de 67,78% (Cuadro N°3).

Al utilizar Tukey al 5%, se determina que el más alto promedio en días a la emisión de raíces estuvo dado en el T2; Bencil adenina + 3 mg/l con 28 día, así mismo, se determinó el tratamiento con menor promedio T8; Bencil aminopurina + 7 mg/l con 6 días de promedio. Recalcando en esta variable que los tratamientos que T1; Bencil adenina + 1 mg/l y T3; Bencil adenina + 5 mg/l no presentaron raíces dentro de esta investigación con 0 días respectivamente (Cuadro N°3 y Gráfico N°3).

Acerca de la multiplicación in vitro de Paulownia hace referencia que las citoquininas rigen la diferenciación de un tejido in vitro. Así al conservar más concentración de Citoquininas dará lugar a la formación de raíces. Un medio de cultivo M&S complementado con 1 mg/l de BAP y 0,1 mg/l ANA y obtuvieron un 100% de regeneración de Paulownia (Cárdenas, A. 2015).

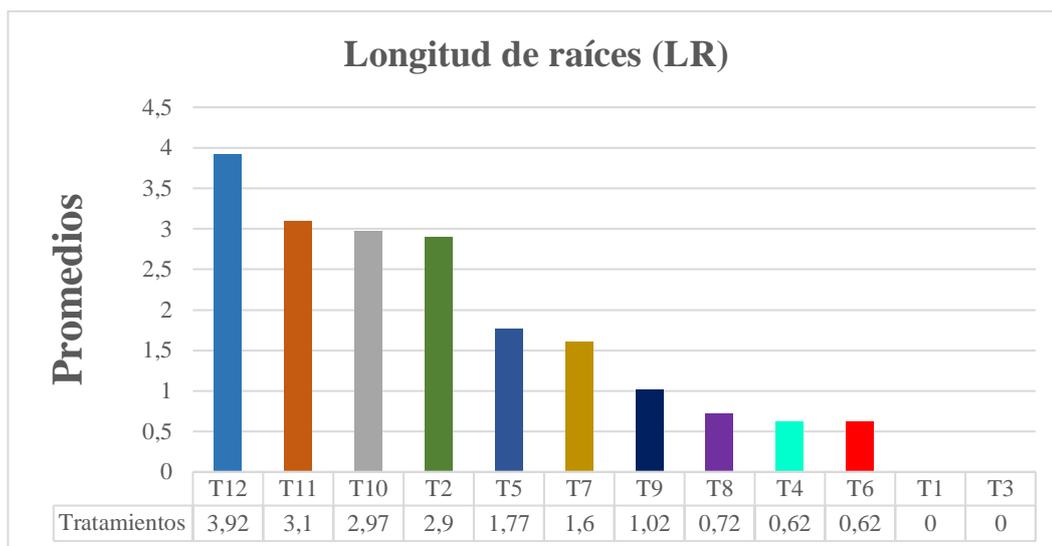


Gráfico N° 4 Promedio de los tratamientos AxB de la variable longitud de raíces (LR)

Análisis e interpretación

En lo referente a la variable longitud de raíces (LR) se presentó una media general de 1,60 cm de longitud de raíces y un CV de 63,05% (Cuadro N°3)

Realizando la prueba de Tukey al 5% se demostró que promedio más alto estuvo dado en el T12; Kinetina + 7 mg/l con 3,92 cm. Mientras, que el promedio más bajo en cuanto a la variable en estudio estuvo dado en el T6; Bencil aminopurina + 3 mg/l con 0,62 cm de longitud. En cuanto a esta variable, al igual que las anteriores variables evaluadas los tratamientos T1; Bencil adenina + 1 mg/l y T3; Bencil adenina + 5 mg/l no presentaron raíces por lo tanto su promedio fue 0 cm respectivamente (Cuadro N°3 y Gráfico N°4).

La longitud de las raíces dependió de las condiciones asépticas y los micro y macro nutrientes que se utilizaron en el medio de cultivo establecido para esta investigación.

Las citoquininas son emanadas en las zonas de crecimiento como los meristemos, en la punta de las raíces, induciendo el crecimiento de las mismas (Suárez, I. 2006).

Cuadro N° 4 Resultado del análisis del efecto principal para evaluar promedios del factor A en las variables: Días a la brotación (DB); Longitud de hoja por explante (LHE); Días a la emisión de raíces (DER); Longitud de raíces (LR).

DB			LHE			DER			LR		
Factor A: Fitoreguladores	Promedios	Rango	Factor A: fitoreguladores	Promedios	Rango	Factor A: fitoreguladores	Promedios	Rango	Factor A: fitoreguladores	Promedios	Rango
A3: Kinetina	7,87	A	A3: Kinetina	1,48	A	A3: Kinetina	21,56	A	A3: Benzil adenina	2,75	A
A2: Bencil aminopurina	7,68	A	A2: Bencil aminopurina	0,66	B	A2: Bencil aminopurina	13,50	AB	A2: Bencil aminopurina	1,18	B
A1: Bencil adenina	4,50	A	A3: Bencil adenina	0,38	B	A1: Bencil adenina	8,50	B	A1: Bencil adenina	0,88	B
Efecto principal: A3-A2-A1= 4,21			Efecto principal: A3-A2-A1=0,44			Efecto principal: A3-A2-A1= 0,44			Efecto principal: A3-A2-A1=0,69		

Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5%.

Fuente: Investigación de campo, 2022.

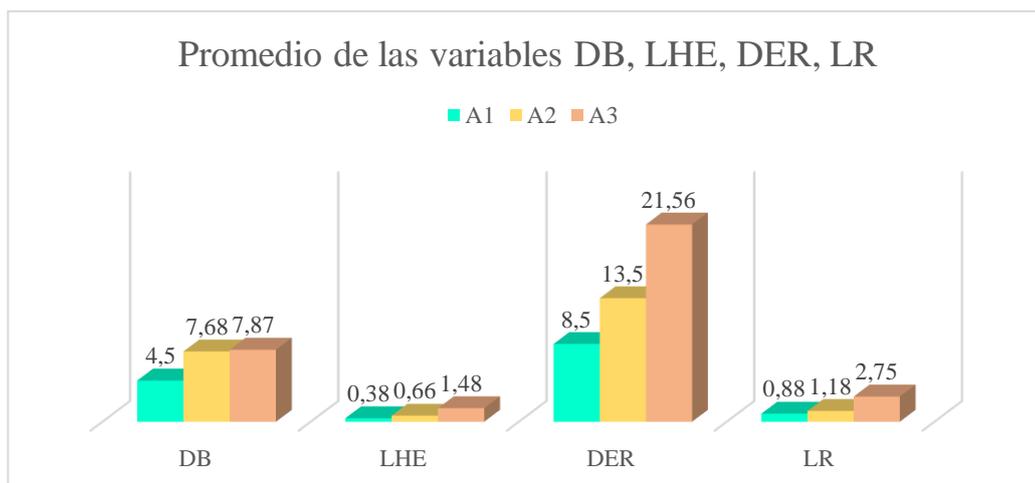


Gráfico N° 5 Fitoreguladores de crecimiento en las variables: Días a la brotación (DB); Longitud de hoja por explante (LHE); Días a la emisión de raíces (DER); Longitud de raíces (LR)

Análisis e interpretación

El análisis del efecto principal factor A, fitoregulador: Bencil adenina (A1), Bencil aminopurina (A2) y Kinetina (A3), para la variable días a la brotación existió un gran efecto del fitoregulador Kinetina con 7,87%, donde la menor influencia estuvo dada en el fitoregulador Bencil adenina con 4,50%. En cuanto a variable longitud de hojas por explante, el fitoregulador con mayor porcentaje fue Kinetina con 1,48% mientras, que el fitoregulador menos influyente fue Bencil adenina con 0,38%. En lo que respecta la variable días a la emisión de raíces el fitoregulador con más influencia estuvo dado en Kinetina con 21,56%, por lo contrario el fitoregulador con menor porcentaje fue Bencil adenina con 8,50%. En la variable longitud de raíces el fitoregulador más influyente estuvo dado en Kinetina con 2,75%, en tanto que el promedio más bajo fue el Bencil adenina con 0,88%. Lo que demuestra que no hubo diferencias significativas entre los fitoreguladores (Cuadro N°4 y Gráfico N°5).

Mediante los resultados en las variables evaluadas (DB, LHE, DER, LR) se infiere que estas dependieron de los cuidados sanitarios dados, al igual que la planta madre donde fueron extraídos los explantes.

Cuadro N° 5 Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de tratamientos FB de las variables: Días a la brotación (DB); Longitud de hoja por explante (LHE); Días a la emisión de raíces (DER) y Longitud de raíces (LR).

DB			LHE			DER			LR		
Factor B: Dosis	Promedios	Rango									
B2: 3 mg/l	9,08	A	B2: 3 mg/l	1,05	A	B2: 3 mg/l	20,00	A	B2: 3 mg/l	2,16	A
B3: 5 mg/l	6,75	A	B3: 5 mg/l	0,90	A	B3: 5 mg/l	14,83	A	B4: 7 mg/l	1,75	AB
B1: 1 mg/l	5,66	A	B1: 1 mg/l	0,86	A	B4: 7 mg/l	11,66	A	B3: 5 mg/l	1,56	AB
B4: 7 mg/l	5,25	A	B4: 7 mg/l	0,55	A	B1: 1 mg/l	11,58	A	B1: 1 mg/l	0,93	B

Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5%.

Fuente: Investigación de campo, 2022.

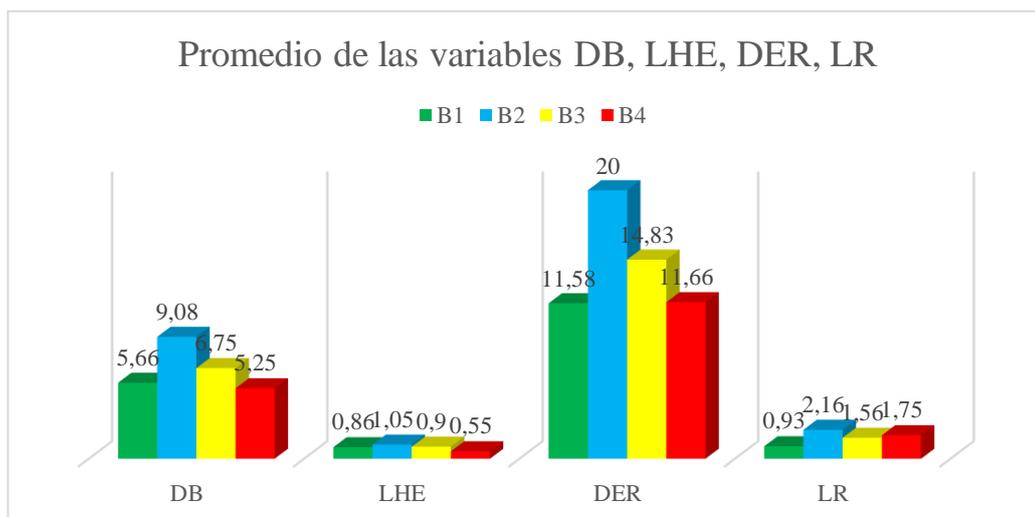


Gráfico N° 6 Dosis de fitoreguladores de las variables: Días a la brotación (DB); Longitud de hoja por explante (LHE); Días a la emisión de raíces (DER); Longitud de raíces (LR).

Análisis e interpretación

En la evaluación del factor B, dosis; en lo que se refiere la variable días a la brotación (DB), la mejor dosis fue B2: 3mg/l con 9,08%, así que la dosis con menos influencia fue B4: 7mg/l con 5,25%. En lo que se refiere a la variable longitud de hoja por explante (LHE), la mejor dosis fue B2: 3mg/l con 1,05%, por otro lado la dosis con menos influencia fue B4: 7mg/l con 0,55%. Referente a la variable días a la emisión de raíces (DER), se indica que la mejor dosis está dado por B2: 3 mg/l con 20%, en tanto que el más bajo promedio está dado por la dosis B1: 1 mg/l con 11,58%. En cuanto a se refiere a la variable longitud de raíces (LR), la mejor dosis fue B2: 3 mg/l con 2,16%, mientras que la dosis con menos rentabilidad fue B1: 1 mg/l con 0,93% (Cuadro N°5 y Gráfico N°6).

Dado los resultados en cuanto al factor B; dosis, se infiere que las variables: días a la brotación (DB); longitud de hoja por explante (LHE); días a la emisión de raíces (DER) y longitud de raíces (LR) dependieron del medio de cultivo en el que se desarrolló.

4.2 Porcentaje de brotación (PB); Número de brotes por explante (NBE) y Longitud de brotes (LB)

Cuadro N° 6 Resultado de la prueba de Tukey al 5%, para comparar promedios de la interacción (AxB) en las variables: Porcentaje de brotación (PB); Número de brotes por explante (NBE) y Longitud de brotes (LB).

PB							NBE						LB					
15 Días(*)			30 Días (*)		45 Días (*)		15 Días (*)		30 Días (**)		45 Días (**)		30 Días (*)		45 Días (**)		75 Días (*)	
Trat	Prom	Rag	Prom	Rag	Prom	Rag	Prom	Rag	Prom	Rag	Prom	Rag	Prom	Rag	Prom	Rag	Prom	Rag
T1	0,00	B	0,00	B	0,00	B	0,00	C	0,00	D	0,00	E	0,00	C	0,00	D	0,00	C
T2	100,00	A	100,00	A	100,00	A	1,00	BC	2,75	ABC	3,50	ABCD	0,97	ABC	1,22	ABCD	1,47	ABC
T3	0,00	B	0,00	B	0,00	B	0,00	C	0,00	D	0,00	E	0,00	C	0,00	D	0,00	C
T4	25,00	AB	25,00	AB	25,00	AB	0,25	A	0,75	CD	1,00	DE	0,27	C	0,35	CD	0,35	C
T5	75,00	AB	75,00	AB	75,00	AB	0,00	C	1,25	CD	2,00	CDE	1,00	ABC	1,12	ABCD	1,27	ABC
T6	25,00	AB	25,00	AB	25,00	AB	0,25	C	0,75	CD	0,75	DE	0,47	BC	0,52	BCD	0,52	BC
T7	75,00	AB	75,00	AB	75,00	AB	0,50	C	2,00	BCD	2,75	BCDE	1,10	ABC	1,27	ABCD	1,40	ABC
T8	25,00	AB	25,00	AB	25,00	AB	0,00	C	2,00	BCD	0,75	DE	0,32	C	0,37	CD	0,45	BC
T9	50,00	AB	50,00	AB	50,00	AB	0,75	C	1,25	CD	1,75	CDE	0,70	ABC	0,92	ABCD	0,97	ABC
T10	100,00	A	100,00	A	100,00	A	2,00	AB	3,00	ABC	5,00	ABC	1,62	AB	1,87	ABC	2,05	AB
T11	100,00	A	100,00	A	100,00	A	2,00	AB	4,00	AB	5,50	AB	1,75	AB	1,95	AB	2,27	A
T12	100,00	A	100,00	A	100,00	A	2,50	A	4,75	A	6,25	A	1,90	A	2,17	A	2,45	A
MG= 56,25 %			MG=56,25%		MG=56,25%		MG=0,77 brotes		MG=1,75 brotes		MG=2,43 brotes		MG=0,84 cm		MG=0,98 cm		MG=1,10 cm	
CV= 65,80%			CV=65,80%		CV=68,01%		CV=53,86%		CV=59,27%		CV=56,09%		CV=61,77%		CV=62,52%		CV=60,55%	

NS = No Significativo; *=significativo; ** = Altamente significativo al 1%. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5%.

MG= Media general; CV = Coeficiente de Variación.

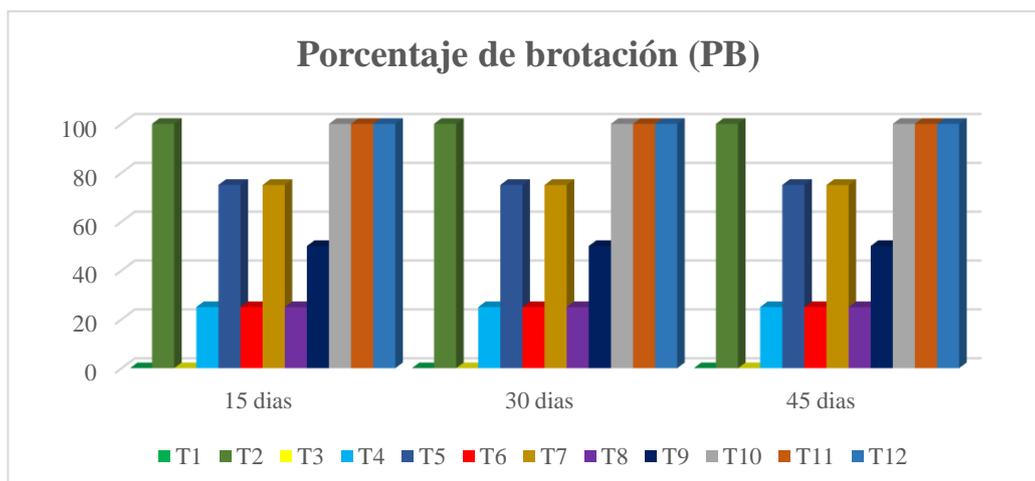


Gráfico N° 7 Promedio de los tratamientos AxB de la variable porcentaje de brotación (PB)

Análisis e interpretación

En lo referente a la variable porcentaje de brotación (PB) a los 15 días se presentó una media general de 56,25% y CV de 65,80%. A los 30 días una media general de 56,25% y CV de 65,80%. En los 45 días se mantuvo la media general y coeficiente de variación de los 15 y 30 días (Cuadro N°6).

Con los datos de la prueba de Tukey al 5% para la variable porcentaje de brotación (PB) evaluados a los 15 días, se determinó que el mejor tratamiento fueron T2: Bencil adenina + 3 mg/l; T10: Kinetina 3 mg/l; T11: Kinetina 5 mg/l; T12: Kinetina 7 mg/l, todos con un porcentaje de 100% de brotación, mientras que el promedio más bajo estuvo dado por los tratamientos T1; Bencil adenina + 1 mg/l y T3; Bencil adenina + 5 mg/l ambos con 0% de brotación. Datos que se mantuvieron a los 15, 30 y 45 días evaluados (Cuadro N°6 y Gráfico N°7).

La baja saturación hormonal sucede por los resultados desfavorables en el medio ya que altas concentraciones de citoquininas en el medio de iniciación, pueden impedir la brotación (Miranda, O. 2014).

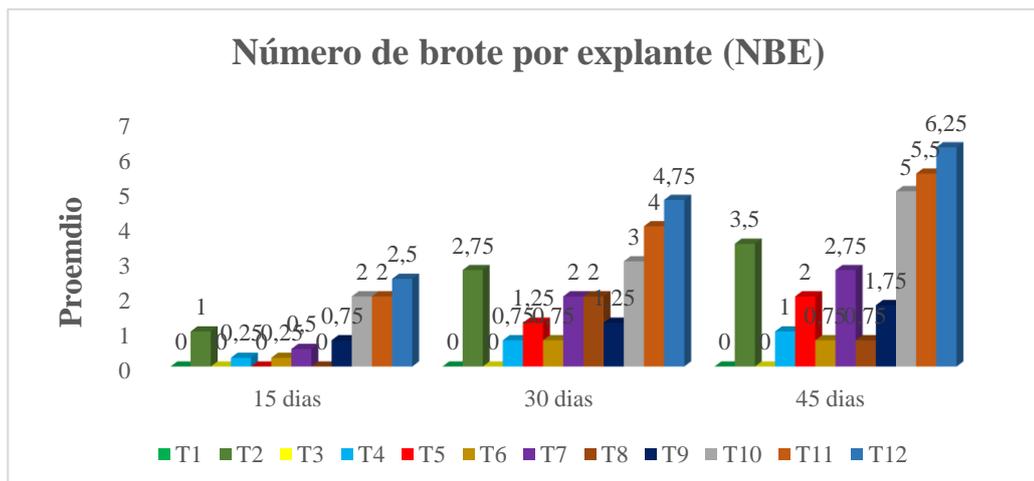


Gráfico N° 8 Promedio de los tratamientos Ax B de la variable número de brote por explante (NBE)

Análisis e interpretación

En cuanto a la variable número de brotes por explante (NBE) a los 15 días se presentó una media general de 0,77 brotes y CV de 53,86%. A los 30 días una media general de 1,75 brotes y CV de 59,27%. A los 45 días presentó una media general de 2,43 brotes y CV 56,09% (Cuadro N°6).

De acuerdo a los resultados de la prueba de Tukey al 5% en lo que respecta la variable número de brote por explante (NBE) evaluados a los 15 días el más alto promedio estuvo en el T12: Kinetina + 7 mg/l con 3 brotes. A los 30 días el mejor tratamiento T12: Kinetina + 7 mg/l con 5 brotes. A los 45 días el mejor promedio se presentó en el T12 Kinetina + 7 mg/l con 6 brotes. El más bajo promedio en las 3 evaluaciones estuvo en los tratamientos T1; Bencil adenina + 1 mg/l y T3; Bencil adenina + 5 mg/l ambos con 0 brotes por explante (Cuadro N°6 y Gráfico N°8).

En la formación de brotes a partir de yemas axilares donde al acrecentar la concentración de BA por encima de 1 mg/l generalmente se causa un efecto depresivo en las características morfogénicas, esto hace referencia a los bajos promedios de Bencil adenina (Taha, S. 2008).

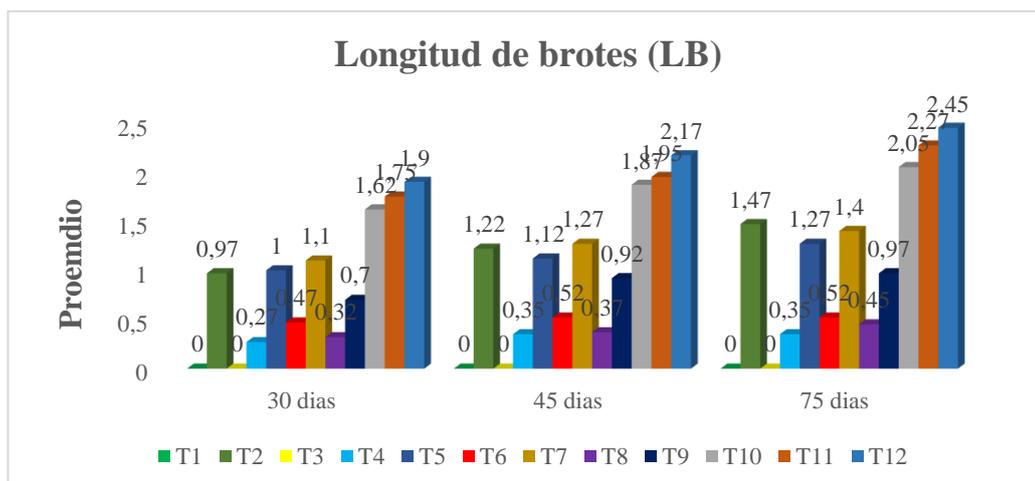


Gráfico N° 9 Promedio de los tratamientos AxB de la variable longitud de brotes (LB).

Análisis e interpretación

En cuanto a la variable longitud de brotes (LB) a los 30 días presentó una media general de 0,84 cm y CV de 61,77%. A los 45 días una media general de 0,98 cm y CV de 62,52%. A los 75 días presentó una media general de 1,10 cm y CV 60,55% (Cuadro N°6).

De acuerdo a los resultados con la prueba de Tukey al 5% en cuanto a la variable longitud de brotes (LB) a los 30 días evaluados se demostró que el promedio más alto fue el T12: Kinetina + 7 mg/l con 1,90 cm. A los 45 días evaluados el más alto promedio fue el T12: Kinetina + 7 mg/l con 2,17 cm. Tanto que a los 75 días evaluados el más alto promedio fue el T12: Kinetina + 7 mg/l con 2,45 cm. En cuanto a los promedios más bajos promedios en las tres evaluaciones fueron los tratamientos T1; Bencil adenina + 1 mg/l y T3; Bencil adenina + 5 mg/l ambos con 0 cm (Cuadro N°6 y Gráfico N°9).

Las variedades Paulownia en cultivo in vitro convencional durante la cuarta semana presentan un crecimiento y desarrollo de brotes de Paulownia diferentes explantes utilizados (Alatorre, C. 2002).

Cuadro N° 7 Resultado del análisis del efecto principal para evaluar promedios del factor A en las variables: Porcentaje de brote (PB); Número de brotes por explante (NBE); Longitud de brotes (LB).

PB				NBE				LB			
Factor A: Fitoregulador	15 días	30 días	45 días	Factor A: Fitoregulador	15 días	30 días	45 días	Factor A: Fitoregulador	30 días	45 días	75 días
A1: Bencil adenina	0,31 B	0,87 B	1,12 B	A1: Bencil adenina	0,21 B	0,81 B	1,43 B	A1: Bencil adenina	0,31 B	0,39 B	0,45 B
A2: Bencil aminopurina	0,18 B	1,12 B	1,56 B	A2: Bencil aminopurina	0,50 B	1,62 B	2,31 B	A2: Bencil aminopurina	0,72 B	0,82 B	0,91 B
A3: Kinetina	1,81 A	3,25 A	4,62 A	A3: Kinetina	2,37 A	4,12 A	5,50 A	A3: Kinetina	1,49 A	1,73 A	1,93 A
Efecto principal: A3-A2-A1	1,32	1,26	1,94	Efecto principal: A3-A2-A1	1,66	1,69	1,76	Efecto principal: A3-A2-A1	0,46	0,52	0,57

Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5%.

Fuente: Investigación de campo, 2022.

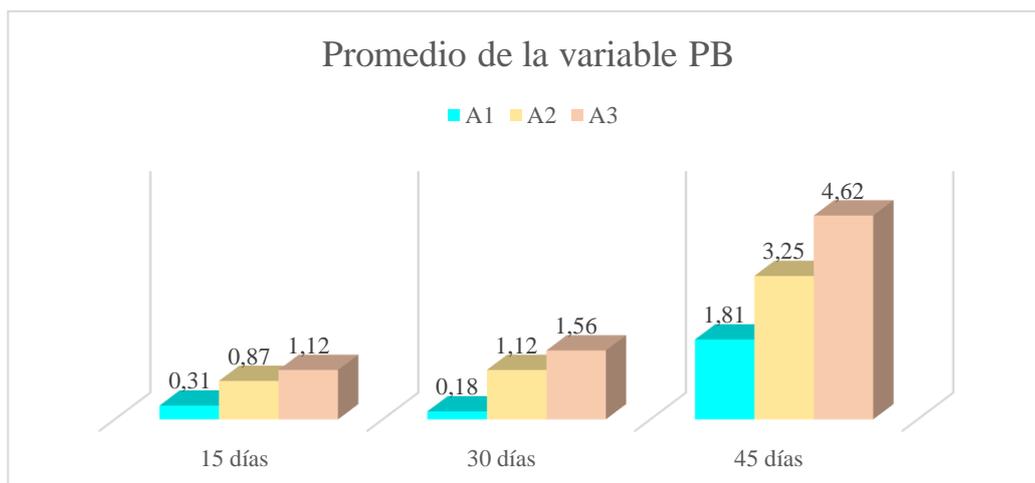


Gráfico N° 10 Fitoreguladores de crecimiento en la variable porcentaje de brotación (PB)

Análisis e interpretación

El análisis del efecto principal factor A, fitoregulador: Bencil adenina (A1), Bencil aminopurina (A2) y Kinetina (A3), en lo que corresponde a la variable porcentaje de brotación (PB), evaluado a los 15 días se presentó un gran efecto del fitoregulador Kinetina con 1,12%, mientras, que el más bajo promedio estuvo dado en el fitoregulador Bencil adenina con 0,31%.

A los 30 días de evaluación, el fitoregulador con el promedio más alto fue Kinetina con 1,56%, de manera que el más bajo promedio estuvo dado en el fitoregulador Bencil adenina con 0,18%.

A los 45 días evaluados, el fitoregulador con el promedio más alto fue Kinetina con 4,62%, tanto que el más bajo promedio estuvo dado en el fitoregulador Bencil adenina con 1,81%. Datos que demuestra que no hubo diferencias significativas entre los fitoreguladores (Cuadro N°7 y Gráfico N°10).

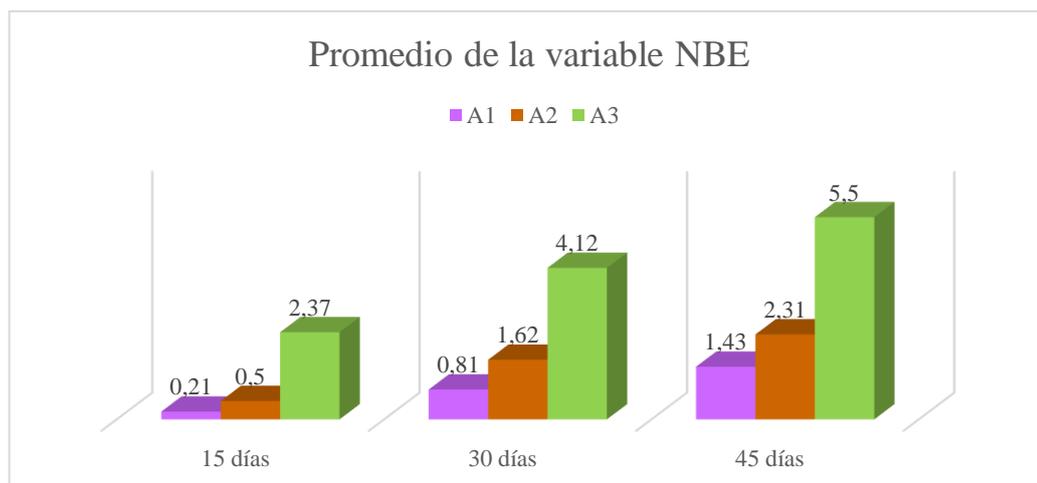


Gráfico N° 11 Fitoreguladores de crecimiento en la variable número de brotes por explante (NBE)

Análisis e interpretación

El análisis del efecto principal factor A, fitoregulador: Bencil adenina (A1), Bencil aminopurina (A2) y Kinetina (A3), en lo que corresponde a la variable número de brotes por explantes (NBE) a los 15 días evaluados se presentó un gran efecto principal donde el fitoregulador con más alto promedio fue la Kinetina con 2,37%, mientras, que el fitoregular con más bajo promedio fue Bencil adenina con 0,21%.

A los 30 días de evaluación, el fitoregulador con más alto promedio fue Kinetina con 4,12% y el más bajo promedio estuvo dado en el fitoregulador Bencil adenina con 0,81%.

A los 45 días de evaluación, el fitoregulador con más alto promedio fue Kinetina con 5,5%, por lo tanto el más bajo promedio estuvo dado en el fitoregulador Bencil adenina 1,43%. Datos que demuestra que no hubo diferencias significativas entre los fitoreguladores (Cuadro N°7 y Gráfico N°11).

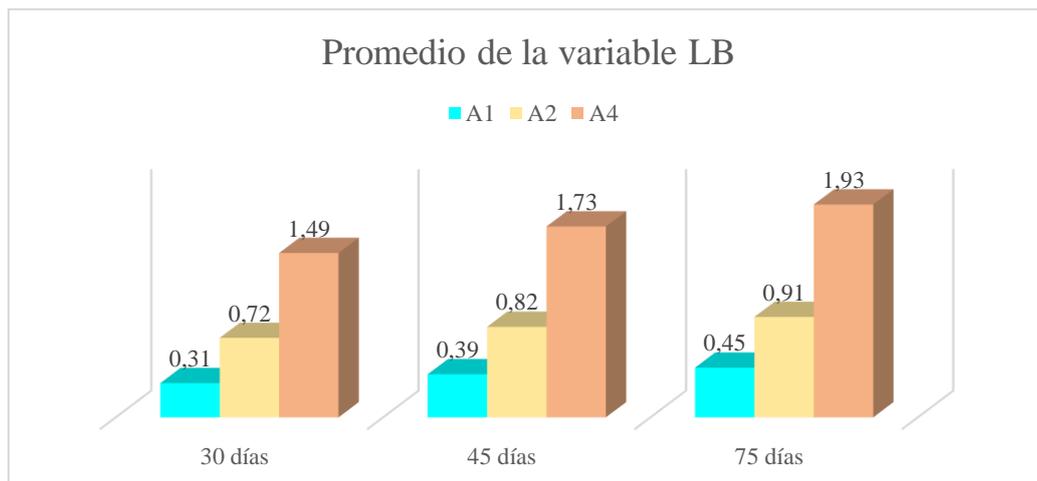


Gráfico N° 12 Fitoreguladores de crecimiento en la variable longitud de brotes (LB).

Análisis e interpretación

El análisis del efecto principal factor A, fitoregulador: Bencil adenina (A1), Bencil aminopurina (A2) y Kinetina (A3), en lo que corresponde a la variable longitud de brotes (LB) a los 30 días de evaluación se presentó un gran efecto principal, donde el fitoregulador con más alto promedio fue la Kinetina con 1,49%, mientras que el fitoregular con más bajo promedio fue el Bencil adenina con 0,31%.

A los 45 días de evaluación, el fitoregulador con más alto promedio fue Kinetina con 1,73% en tanto que el más bajo promedio estuvo dado en el fitoregulador Bencil adenina con 0,39%.

En lo que respecta los 75 días de evaluación, el fitoregulador con más alto promedio fue Kinetina con 1,93%, dado que el más bajo promedio estuvo dado en el fitoregulador Bencil adenina 0,45%. Resultados que demuestra que no hubo diferencias significativas entre los fitoreguladores (Cuadro N°7 y Gráfico N°12).

Cuadro N° 8 Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de tratamientos FB de las variables: porcentaje de brotación (PB); número de brotes por explante (NBE); longitud de brotes (LB).

PB				NBE				LB			
Factor B: Dosis	15 días	30 días	45 días	Factor B: Dosis	15 días	30 días	45 días	Factor B: Dosis	30 días	45 días	75 días
B1: 1 mg/l	41,66 A	41,66 A	41,66 A	B1: 1 mg/l	0,25 B	0,83 B	1,25 B	B1: 1 mg/l	0,56 A	0,68 A	0,75 A
B2: 3 mg/l	75,00 A	75,00 A	75,00 A	B2: 3 mg/l	1,08 A	2,16 A	3,08 A	B2: 3 mg/l	1,02 A	1,20 A	1,35 A
B3: 5 mg/l	58,33 A	58,33 A	58,33 A	B3: 5 mg/l	0,83 A	2,00 A	2,75 AB	B3: 5 mg/l	0,95 A	1,07 A	1,22 A
B4: 7 mg/l	50,00 A	50,00 A	50,00 A	B4: 7 mg/l	0,91 A	2,00 A	2,66 B	B4: 7 mg/l	0,83 A	0,98 A	1,08 A

Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5%.

Fuente: Investigación de campo, 2022.

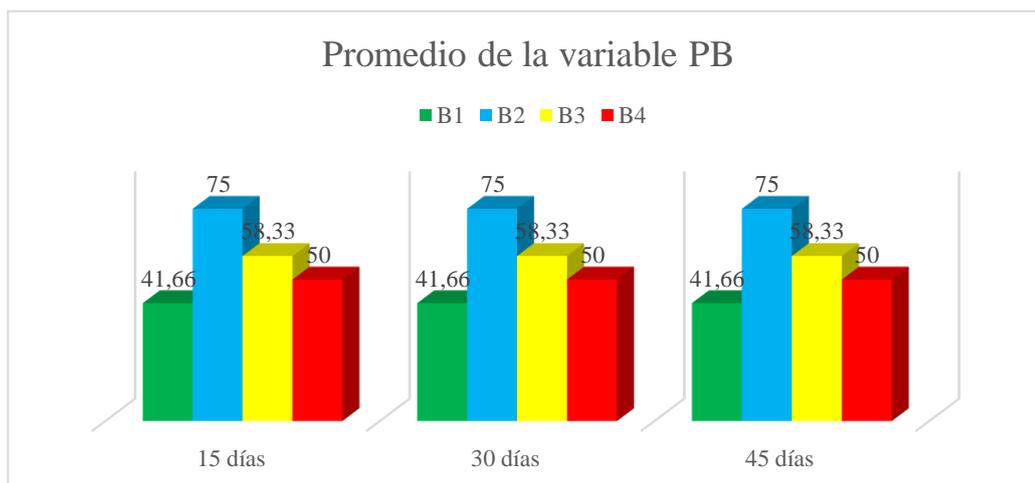


Gráfico N° 13 Dosis de fitoreguladores de la variable: porcentaje de brotación (PB).

Análisis e interpretación

En la evaluación del factor B, dosis; en cuanto a la variable porcentaje de brotación (PB) la mejor dosis fue B2: 3 mg/l con 75%, seguido de la dosis B3: con 58,33%, mientras que la dosis con menos influencia positiva dentro de la investigación estuvo dada en B1: 1 mg/l con 41,66%.

Estos datos se mantuvieron en las 3 evaluaciones tomadas; 15, 30 y 45 días (Cuadro N°8 y Gráfico N°13).

Los brotes de los explantes utilizando la tecnología de multiplicación in vitro generalmente, empieza a partir de los 40 días después de su plantación, esto varía dependiendo de la variedad y dosis utilizadas en la investigación. Dentro de los datos expresados en esta investigación se pueden observar que en las 3 etapas de evaluación se mantienen los mismos datos, por lo que se infiere las dosis y fitoregulador utilizados, en lo que corresponde esta variable en estudio no tuvieron efecto significativo es decir que no se presentó diferencias entre los mismos.

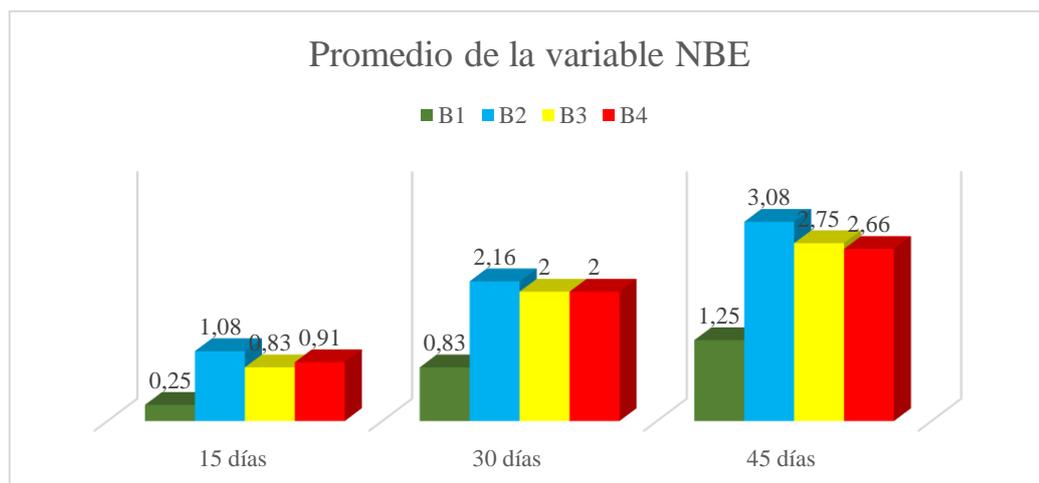


Gráfico N° 14 Dosis de fitoreguladores de la variable: número de brotes por explante (NBE)

Análisis e interpretación

Al evaluar el factor B, dosis; en cuanto a la variable número de brotes por explante (NBE) a los 15 días de evaluación la mejor dosis fue B2: 3 mg/l con 1,08%, mientras que el promedio más bajo fue el B1: 1 mg/l con 0,25%.

A los 30 días de evaluación, la mejor dosis fue B2: 3 mg/l con 2,16%, en cuanto a la dosis con menos influencia fue B1: 1 mg/l con 0,83%.

A los 45 días de evaluación, de la investigación en cuanto a la variable en estudio, la mejor dosis fue B2: 3 mg/l con 3,08%, así que la dosis con menor promedio fue B1: 1 mg/l con 1,25% (Cuadro N°8 y Gráfico N°14).

Una ventaja de las técnicas de multiplicación *in vitro* al comparar con los sistemas de propagación vegetativa convencional, es que una estaca en campo únicamente es capaz de producir una planta, mientras que la multiplicación *in vitro* puede originar varias yemas y/o brotes adventicios dentro de pocas semanas o meses y por tanto da origen a muchas plantas (Biondi, T. 1999 *citado por* Cárdenas A. 2015).

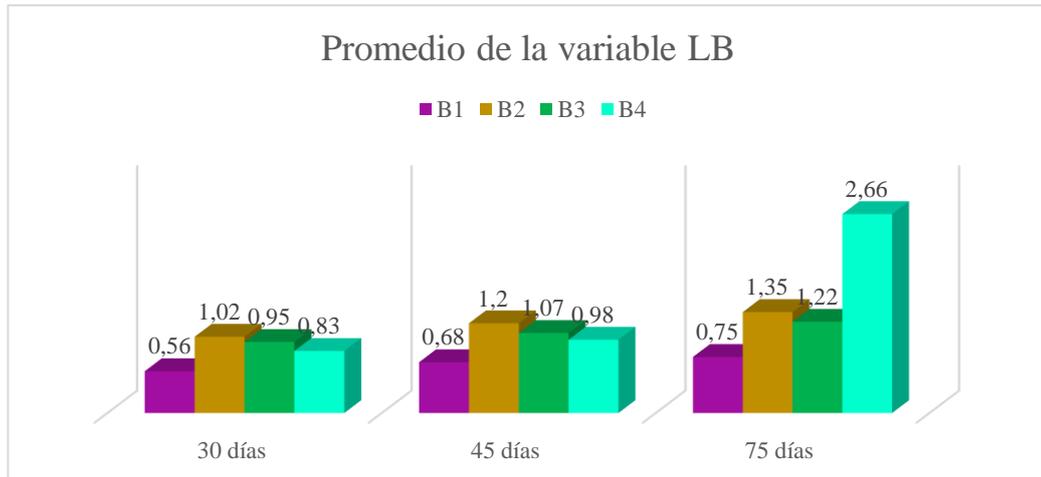


Gráfico N° 15 Dosis de fitoreguladores de la variable: longitud de brote (LB).

Análisis e interpretación

Al evaluar el factor B, dosis; en cuanto a la variable longitud de brotes (LB) a los 30 días evaluados la mejor dosis en cuanto a la variable en estudio fue B2: 3 mg/l con 1,02%, mientras, que el menor fue el B1: 1 mg/l con 0,56%.

A los 45 días de evaluación, la mejor dosis fue B2: 3 mg/l con 1,2%, tanto que la dosis con menos influencia fue B1: 1 mg/l con 0,68%.

A los 75 días de evaluación, de la investigación en cuanto a la variable en estudio, la mejor dosis fue B4: 7 mg/l 2,66%, sin embargo la dosis con menor promedio fue B1: 1 mg/l con 0,75% (Cuadro N°8 y Gráfico N°15).

La longitud para las especies del género Paulownia puede ser aventajada por los reguladores propios del explante y al igual por los adicionados al medio (Cárdenas, A. 2015).

4.3 Número de hojas por brote (NHB) y número de raíces (NR)

Cuadro N° 9 Resultado de la prueba de Tukey al 5%, para comparar promedios de la interacción (AxB) en las variables: número de hojas por brote (NHB) y número de raíces (NR).

NHB							NR					
15 Días(*)			30 Días (*)		45 Días (**)		30 Días (*)		45 Días (**)		75 Días (**)	
Trat	Prom	Rag	Prom	Rag	Prom	Rag	Prom	Rag	Prom	Rag	Prom	Rag
T1	0,00	C	0,00	C	0,00	E	0,00	C	0,00	D	0,00	C
T2	1,00	BC	2,50	ABC	4,75	ABCD	1,00	ABC	2,25	ABCD	2,50	ABC
T3	0,00	C	0,00	C	0,00	E	0,00	C	0,00	D	0,00	C
T4	0,25	C	0,75	C	1,00	DE	0,25	C	0,75	CD	1,00	BC
T5	0,50	C	2,00	ABC	3,00	ABCDE	0,75	ABC	1,00	BCD	2,25	ABC
T6	0,50	AB	1,25	BC	1,50	CDE	0,25	C	0,75	CD	1,00	BC
T7	0,75	C	2,50	ABC	4,00	ABCDE	1,00	ABC	2,00	ABCD	2,75	ABC
T8	0,25	C	0,75	C	0,75	DE	0,25	C	0,50	CD	0,75	BC
T9	1,00	BC	2,50	ABC	2,50	BCDE	1,50	BC	1,25	ABCD	2,00	ABC
T10	2,75	A	4,50	AB	5,75	ABC	1,00	ABC	2,75	ABC	3,25	ABC
T11	2,50	AB	4,50	AB	6,50	AB	1,5	AB	3,25	AB	4,00	AB
T12	3,25	A	5,25	A	7,25	A	1,75	A	3,50	A	4,75	A
M.G= 1,06 hojas			MG=2,18 hojas		MG=3,08 hojas		MG=0,77 raíces		MG=1,50 raíces		MG=2,02 raíces	
CV= 61,35%			CV=65,39%		CV=56,13%		CV=53,86%		CV=66,33%		CV=71,04%	

NS = No Significativo; *=significativo; ** = Altamente significativo al 1%. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5%.
MG= Media general; CV = Coeficiente de Variación.

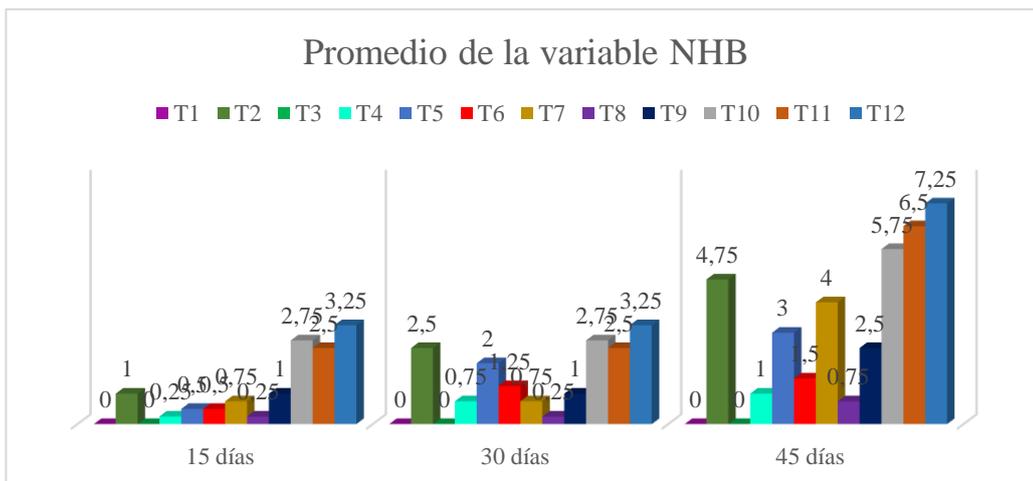


Gráfico N° 16 Promedio de los tratamientos AxB de la variable número de hojas por brote (NHB).

Análisis e interpretación

En cuanto el componente variable número de hojas por brotes (NHB) a los 15 días se presentó una media general de 1,06 hojas y CV 61,35%. A los 30 días de evaluación se presentó una media general de 2,18 brotes y CV de 65,39%. A los 45 días se presentó una media general de 3,08 hojas y un CV de 56,13%.

De acuerdo a los resultados con la prueba de Tukey al 5% para la variable número de hojas por brotes (NHB) a los 15 días de evaluación el más alto promedio fue el T12: Kinetina + 7 mg/l con 3 brotes. A los 30 días de estudio el más alto promedio T12: Kinetina + 7 mg/l con 3 brotes. A los 45 días de evaluación el más alto promedio fue T12: Bencil adenina + 7 mg/l con 7 brotes. En las tres evaluaciones en cuanto a esta variable los promedios más bajos fueron por los tratamientos T1; Bencil adenina + 1 mg/l y T3; Bencil adenina + 5 mg/l ambos con 0 brotes (Cuadro N°9 y Gráfico N°16).

Datos que permiten inferir que el tamaño alcanzado por las hojas y los brotes hace referencia a que una densidad muy alta dificulta el desarrollo de las mismas.

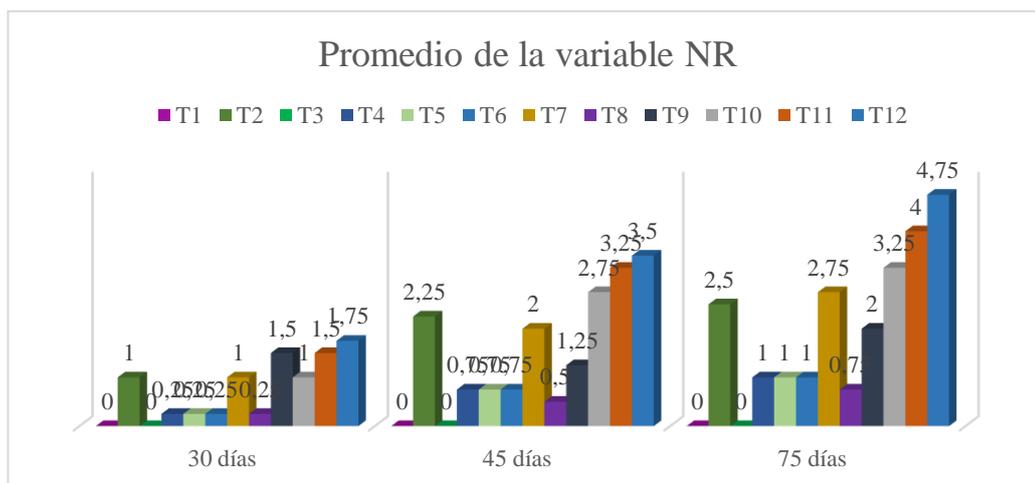


Gráfico N° 17 Promedio de los tratamientos AxB de la variable número de raíces (NR).

Análisis e interpretación

En cuanto al descriptor número raíces (NR) a los 30 días se presentó una media general de 0,77 raíces y CV de 53,86%. A los 45 días presento una media general de 1,50 raíces y CV de 66,33%. A los 75 días una media general de 2,02 raíces y un CV de 71,04%.

De acuerdo a los resultados con la prueba de Tukey al 5% para la variable número raíces (NR), a los 30 días de evaluación el promedio más alto se reflejó en el T12: Kinetina + 7 mg/l con 2 raíces. A los 45 días de evaluación el más alto promedio fue T12: Kinetina + 7 mg/l con 4 raíces. A los 75 días de evaluación el mejor tratamiento fue T12: Kinetina + 7 mg/l con 5 raíces. Sin embargo en las tres evaluaciones que respecta los promedios más bajos fueron por los tratamientos T1; Bencil adenina + 1 mg/l y T3; Bencil adenina + 5 mg/l ambos con 0 raíces (Cuadro N°9 y Gráfico N°17).

Dentro de la variable número de raíces se demuestra que la Kinetina tiene una alta influencia en cuanto a la formación de raíces de los explantes.

Los brotes de Paulownia forman raíces adventicias cuando se establecen medio de cultivo con altas concentraciones (Cárdenas, A 2015).

Cuadro N° 10 Resultado del análisis del efecto principal para evaluar promedios del factor A en la variable: número de hojas por brote (NHB) y número de raíces (NR).

NHB				NR			
Factor A: Fitoregulador	15 días	30 días	45 días	Factor A: Fitoregulador	30 días	45 días	75 días
A1: Bencil adenina	0,31 B	0,81 B	1,43 B	A1: Bencil adenina	0,31 B	0,75 B	0,87 B
A2: Bencil aminopurina	0,50 B	1,62 B	2,31 B	A2: Bencil aminopurina	0,56 B	1,06 B	1,68 B
A3: Kinetina	2,37 A	4,12 A	5,50 A	A3: Kinetina	1,18 A	2,68 A	3,50 A
Efecto principal: A3-A2-A1	0,44	1,69	1,76	Efecto principal: A3-A2-A1	0,31	0,87	0,95

Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5%.

Fuente: Investigación de campo, 2022.

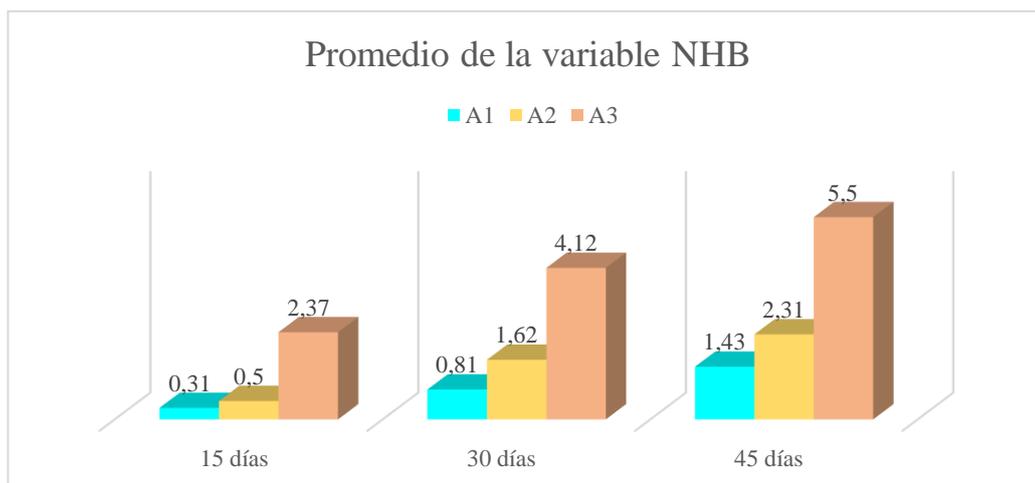


Gráfico N° 18 Fitoreguladores de crecimiento en la variable número de hojas por brote (NHB).

Análisis e interpretación

El análisis del efecto principal factor A, fitoregulador: Bencil adenina (A1), Bencil aminopurina (A2) y Kinetina (A3), en lo que corresponde al número de hojas por brote evaluado a los 15 días se determinó un gran efecto principal, el fitoregulador con más alto promedio fue Kinetina con 2,37%, y el más bajo promedio dentro de estos días de evaluación fue Bencil adenina con 0,31%.

A los 30 días de evaluación, el fitoregulador que más sobresalió fue la Kinetina con 4,12% y el fitoregulador con menos influencia dentro de la variable en evaluación a los 30 días fue el fitoregulador Bencil adenina 0,81%.

A los 45 días de evaluación, el fitoregulador más influyente fue Kinetina con 5,5%, mientras que el fitoregulador menos influyente fue el fitoregulador Bencil adenina 1,43% (Cuadro N°10 y Gráfico N°18).

Las variables número de hojas por brote, porcentaje de brotación y longitud de brote depende una de la otra, debido a que todas estas variables se forman y se desarrollan por las hormonas que fueron empleada en esta investigación, el contenido de nutrientes y la dosis han complementado su desarrollo.

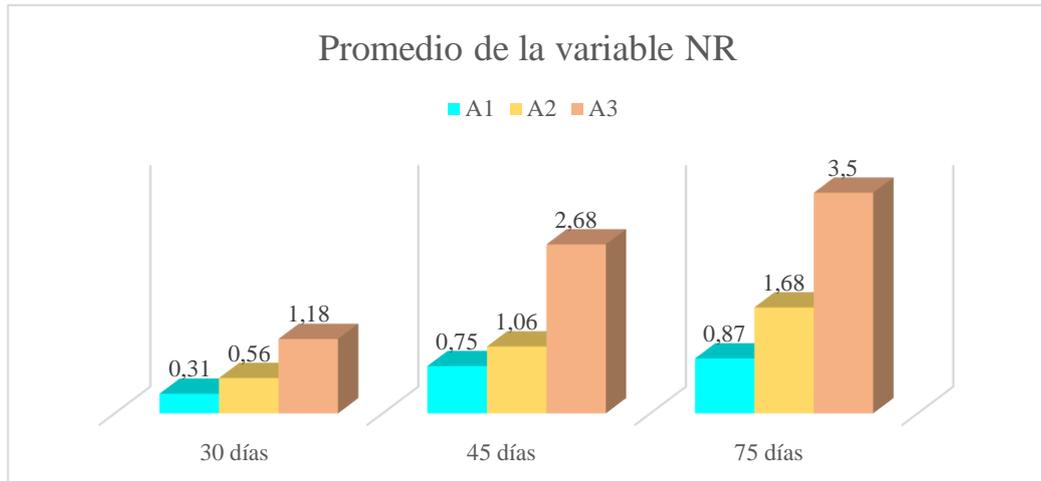


Gráfico N° 19 Fitoreguladores de crecimiento en la variable número de raíces (NR).

Análisis e interpretación

El análisis del efecto principal factor A, fitoregulador: Bencil adenina (A1), Bencil aminopurina (A2) y Kinetina (A3), en lo que corresponde al número de hojas por brote evaluado a los 30 días se determinó un gran efecto principal, el fitoregulador con más alto promedio fue Kinetina con 1,18%, tanto que el más bajo promedio fue Bencil adenina con 0,31%.

A los 45 días de evaluación, el fitoregulador con el promedio más alto fue la Kinetina con 2,68% y el fitoregulador con menos promedio dentro de la variable en evaluación a los 45 días el más bajo promedio fue el fitoregulador Bencil adenina 0,75%.

A los 75 días de estudio, el fitoregulador el más alto promedio fue Kinetina con 3,5%, sin embargo el fitoregulador menos influyente fue el fitoregulador Bencil adenina con 0,87%.

Los datos mostrados nos demuestra la eficiente acción de la Kinetina, la cual se utiliza para inducir la formación de callos y para regenerar tejidos de plantas a partir de los mismos.

Cuadro N° 11 Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de tratamientos FB de las variables: número de hojas por brote (NHB) y número de raíces (NR).

NHB				NR			
Factor B: Dosis	15 días	30 días	45 días	Factor B: Dosis	15 días	30 días	45 días
B1: 1 mg/l	0,59 B	1,41 A	1,83 B	B1: 1 mg/l	0,41 B	0,75 B	1,41 A
B2: 3 mg/l	1,41 A	2,75 A	4,00 A	B2: 3 mg/l	0,75 A	1,91 A	2,25 A
B3: 5 mg/l	1,08 AB	2,33 A	3,50 AB	B3: 5 mg/l	0,83 A	1,75 A	2,25 A
B4: 7 mg/l	1,25 B	2,25 A	3,00 AB	B4: 7 mg/l	0,75 A	1,58A	2,16 A

Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5%.

Fuente: Investigación de campo, 2022.

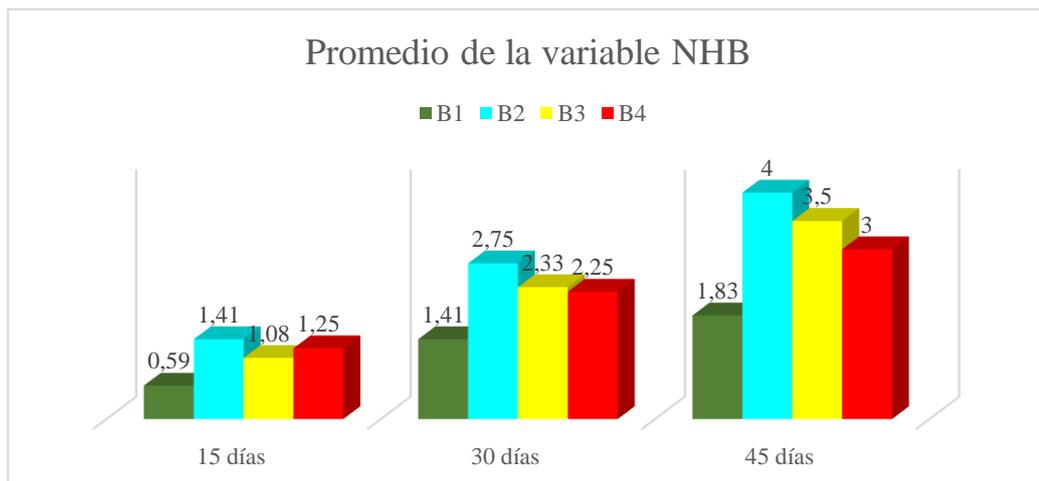


Gráfico N° 20 Dosis de fitoreguladores de la variable: número de hojas por brotes (NHB)

Análisis e interpretación

La respuesta del factor B, dosis; en cuanto a la variable número de hojas por brotes (NHB) a los 15 días evaluados la mejor dosis en cuando a la variable en estudio fue B2: 3 mg/l con 1,41%, mientras que el menor fue el B1: 1 mg/l con 0,59%.

A los 30 días de evaluación, la mejor dosis fue B2: 3 mg/l con 2,75%, sin embargo la dosis con menos influencia fue B1: 1 mg/l con 1,41%.

A los 45 días de evaluación, de la investigación en cuanto a la variable en estudio, la mejor dosis fue B2: 3 mg/l con 4,00%, tanto que la dosis con menor promedio fue B1: 1 mg/l con 1,83% (Cuadro N°11 y Gráfico N°20).

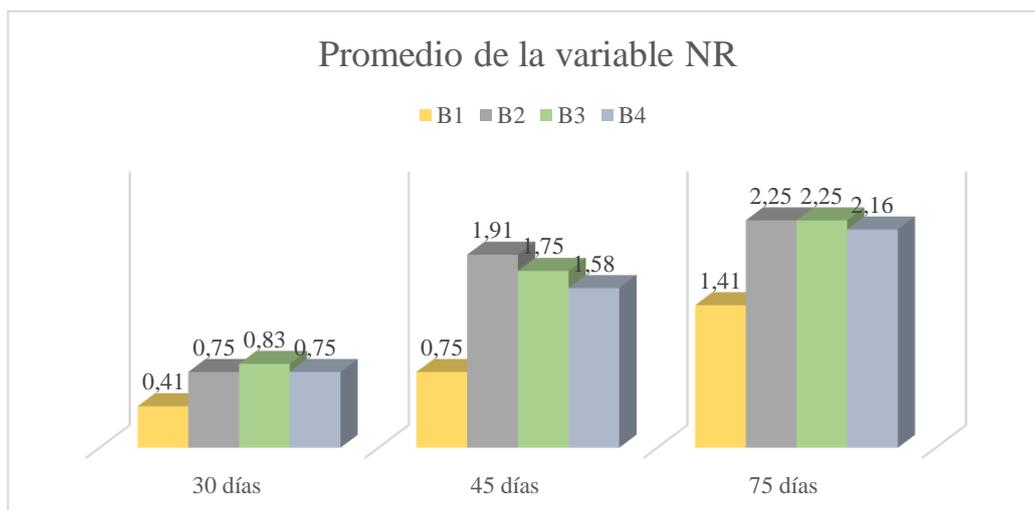


Gráfico N° 21 Dosis de fitoreguladores de la variable: número de raíces (NR)

Análisis e interpretación

Examinando el factor B, dosis; en cuanto a la variable número de raíces (NR) a los 30 días evaluados la mejor dosis en cuanto a la variable en estudio fue B3: 5 mg/l con 0,83%, mientras que el menor fue el B1: 1 mg/l con 0,41%.

A los 45 días de evaluación, la mejor dosis fue B2: 3 mg/l con 1,91% de modo que la dosis con menos influencia fue B1: 1 mg/l con 0,75%.

A los 75 días de evaluación de la investigación en cuanto a la variable en estudio, las mejores dosis fueron B2: 3 mg/l y B3: 5 mg/l con 2,25%, en tanto que la dosis con menor promedio fue B1: 1 mg/l con 1,83% (Cuadro N°11 y Gráfico N°21).

La emisión de raíces depende de la variedad utilizada, así como de donde se extrajeron los brotes y de las condiciones físicas para su desarrollo, de la misma manera del medio de cultivo donde va a estar establecido, es decir de los nutrientes, cuidados asépticos y sanitarios.

4.4 Análisis económico de la relación B/C

ACTIVIDADES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Brotos	0	4	0	1	2	1	3	1	2	5	6	6
Plantas	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Citoquininas	0,03	0,09	0,15	0,21	0,03	0,09	0,15	0,21	0,03	0,09	0,15	0,21
Agar	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
Frascos	1,2	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Papel aluminio	0,31	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Papel film	0,42	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Povydin	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Costo total	13,31	14,11	14,17	14,23	14,1	14,1	14,2	14,2	14,1	14,1	14,2	14,2
Ingreso bruto	0	28	0	7	14	7	21	7	14	35	42	42
Ingreso neto	-13,31	13,89	-14,2	-7,23	-0,05	-7,11	6,83	-7,23	-0,05	20,9	27,8	27,8
R.B/C	0,00	1,98	0,00	0,49	1,00	0,50	1,48	0,49	1,00	2,48	2,96	2,95
R.IN	-1	0,98	-1	-0,51	0,00	-0,50	0,48	-0,51	0,00	1,48	1,96	1,95

Fuente: Investigación de campo, 2022.

4.4.1 Análisis económico de la relación B/C

La relación beneficio-costo hace referencia a la pérdida o ganancia bruta por cada unidad invertida. Si la relación es mayor que la unidad invertida, se considera que existe un apropiado beneficio; si la unidad invertida es igual a uno, los beneficios son iguales a los costos y la actividad o que resulta que no es rentable al igual que los valores menores que uno indican pérdida y la actividad no es rentable (León, C. y Quiroz, R. 1994)

Tomando en cuenta lo económico; se menciona que el mejor tratamiento con un alto beneficio costo es el T11: Kinetina 5 g/l es decir que por cada unidad invertida en este tratamiento existe una ganancia de \$1.96. Seguido del T12: Kinetina 7 g/l con una ganancia por cada unidad invertida de \$1,95 (Cuadro 12).

De acuerdo a los datos obtenidos se puede deducir que la relación beneficio/costo en la producción de plántulas de *Paulownia* mediante el cultivo in vitro, en la mayoría de los tratamientos es superior que la unidad invertida, lo que indica que existe una buena rentabilidad y recuperación del capital invertido.

4.5 Comprobación de hipótesis

La hipótesis nula y alterna que se establecieron dentro de la presente investigación fueron:

Ha: Las aplicaciones de las dosis y hormonas si causan efectos.

Ho: Las aplicaciones de las dosis y hormonas no causan ningún efecto.

De acuerdo a la hipótesis planteada y en base a los resultados obtenidos dentro de esta investigación se acepta la hipótesis alterna, ya que se observó efectos significativos dentro de la investigación, evidenciados en las variables; días a la brotación (DB), longitud de hoja por explante (LHE), días a la emisión de raíces (DER), longitud de raíces (LR), número de explantes contaminados (NEC), porcentaje de brotación (PB), número de brotes por explante (NBE), longitud de brote (LB), número de hojas por brote (NHB) y número de raíces (NR), datos que corroboran la aceptación de la hipótesis alterna.

4.6 Conclusiones

En base a los resultados obtenidos, análisis e interpretación dentro de esta investigación se concluye con lo siguiente:

- ❖ Los estudios preliminares dentro de las fases de desinfección y establecimiento in vitro Paulownia, puntualizaron el punto de partida y de esta manera tener una idea más precisa sobre los parámetros a ser evaluados al igual que protocolos de desinfección y formulación de medios de cultivo, con los que próximamente se trabajó en la investigación.
- ❖ La propagación de Paulownia mediante la multiplicación in vitro es factible y segura. El medio de cultivo empleado, M&S y reguladores de crecimiento BA, BAP y KN a cuatro dosis 1, 3, 5 y 7 mg/l, dieron buenos resultados en los explantes de Paulownia.
- ❖ En cuanto al factor A: fitorreguladores, los mejores fueron A2 Bencil aminopurina y A3 Kinetina en base a la formación de explantes. En lo que se refiere a la dosis de hormona, la más sobresaliente es 7 mg/l la cual demostró tener más influencias en la mayoría de las variables evaluadas.
- ❖ El tratamiento que presentó mayor número de brotes por explante fue el T12 Kinetina 7mg/l con 6 brotes a los 45 días evaluados. Mientras que los tratamientos con menor promedio en cuanto a esta variable estuvieron dados en T1 Bencil adenina 1mg/l y T3 Bencil adenina 3 mg/l con 0 brotes a los 45 días de evaluación.
- ❖ La mejor desde el punto económico, el mayor costo beneficio fue el T11: Kinetina 5 g/l; lo que quiere decir que por cada unidad invertida se obtuvo una ganancia de \$1,96 centavos de dólar.

4.7 Recomendaciones

En base a los principales resultados obtenidos y conclusiones dadas en la presente investigación se realizan las siguientes recomendaciones:

- ❖ Validar ensayos a una escala mayor, definiendo cortes y tamaños de los explantes en estudio.
- ❖ Realizar de manera rigurosa los protocolos de asepsia en el laboratorio de Biotecnología, para reducir los índices de contaminación de tratamientos.
- ❖ Seleccionar plántulas madres con buenas características; plantas jóvenes, buena calidad, libre de problemas fitosanitarios y realizar el proceso de desinfección antes de ser usadas dentro del laboratorio. De esta manera se asegura un índice bajo de contaminación y una mayor producción.
- ❖ Utilizar las fitohormonas y dosis: Bencil adenina 3 mg/l y Kinetina 7 mg/l debido a su buen resultado dentro de la presente investigación
- ❖ Realizar nuevas investigaciones utilizando otras hormonas a distintas dosis puestas en prácticas en el laboratorio de Biotecnología, las mismas que atiendan a reducir los costos de producción.
- ❖ Desarrollar nuevas investigaciones sobre multiplicación in vitro de otras especies para llegar a mejorar la calidad, productividad y seguridad alimentaria del país.

BIBLIOGRAFÍA

- Alatorre, C. (2002). Estudio morfogénico e histológico del híbrido *Vanilla planifolia* x *Vanilla pompona* Schiede obtenido in vitro. Chapingo - México: Tesis. Bach. Agr. Universidad AutUnoma de Chapingo.
- Alcantara, J. (2017). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Angiosperm Phylogeny Group III APG III. (2013). Manual de cultivo de la paulownia.
- Armijos, R. (2016). Conservación de plantas regeneradas in vitro y análisis de la variación somaclonal de *Cinchona officinalis*, Linneo. Obtenido de http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/114/1/Campos_TOI.pdf
- Bridg, H. (2012). Micropropagation and determination of the in vitro Stability of Annona. En P. Dissertation.. Berlín: Humboldt-Universitat.
- Camino, E. (2018). Paulownia el árbol que crece más rápido en el mundo. Obtenido de https://paulownia.pro/wp-content/uploads/2018/02/paulowniaprofession al_es.pdf
- Cárdenas, A. (2015). Validación y desarrollo de una tecnología para la multiplicación in vitro de *Paulownia elongata*, *Paulownia fortunei* y un híbrido (*P. fortunei* x *P. elongata*) bajo sistemas convencional e inmersión temporal. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8735/1/UPS-QT06660.pdf>
- Castellanos, O. (2006). Organogénesis indirecta y enraizamiento in vitro de *Paulownia elongata*. e-Gnosis. Obtenido de <https://www.revistabionatura.com/files/2019.04.01.5.pdf>
- Castillo, A. (2004). Propagación de platas por cultivo in vitro. Una Biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. Unidad de Biotecnología. Obtenido de http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/114/1/Campos_TOI.pdf

- Comisión Nacional de Mercado CNE. (2007). Los cultivos energéticos en extremadura. Obtenido de <http://www.cne.es/cgi-bin/BRSCGI.exe?CMD=VEROBJ&MLKOB=626947890808>
- Cualli, I. (2009). Cuaderno de investigación cuarta época/58. En J. L. Liñan, & R. O. Delgado, Manual para el cultivo de *Paulownia elongata* (pág. 42). Toluca, México: 1a. edición 2009. Obtenido de Costa Rica: Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. Escuela de Biología licenciatura en genética y Biotecnología.
- Dimarco, E. (2014). *Paulownia tomentosa* Thumb; *Paulownia fortunei*; *Paulownia kawakamii* (Kiri) (Familia Scrophulariaceae). Obtenido de <https://www.sinavimo.gob.ar/cultivo/paulownia-tomentosa>.
- Falconier, M. (2019). Antecedentes y cultivo del género Paulownia "Kiri" Argentina. En M. Falconier, Manual de "Kiri" (pág. 28). Argentina: Lupi, Ana María y Tato Vazquez, Cecilia L. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/manual_de_kiri_2019.pdf.
- Fisher, S. (2021). Thermo Fisher Scientific Inc. Obtenido de <https://www.fishersci.com/shop/products/6-benzyladenine-99-thermo-scientific/p-7022074>.
- Grijalva, J. (2016). Estado de los recursos genéticos forestales en Ecuador. Programa Nacional de Forestería del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. INIAP. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/481/48156296008/html/>.
- Gutiérrez, J. (2009). Manual para el cultivo de *Paulownia elongata*. Obtenido de http://www.siea.uaemex.mx/siestudiosa/FrmEditorial/2009/09_C_422_0643.pdf.
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. INIAP. (2010). Obtenido de port : <http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>
- Islam, M. (2015). Influencia del explante, la temperatura y diferentes recipientes de cultivo en el cultivo in vitro para el mantenimiento de germoplasma.

- Jácome, A. (2011). Microporpagación in vitro de la especie endémica Jiguerón (*Aegiphila ferruginea*) para la producción masiva y conservación de esta especie en peligro de extinción. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8735/1/UPS-QT06660.pdf>.
- Jarvis, B. (2016). Endogenous control of adventitious rooting in non woody cuttings. En *En new root formation in plants and cuttings*. (págs. 191-222). Netherlands.: MB Jacson editions.
- Lascano, M. (2008). Valoración de la contribución forestal a la economía nacional, caso Ecuador. OTCA. Ecuador. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/481/48156296008/html/>.
- Leon, C y Quiroz, R. (1994). Análisis de sistemas agropecuarias. La Paz-Bolivia.
- Lewis, R. (2021). El Centro Nacional de Información Biotecnológica promueve la ciencia y la salud al brindar acceso a información biomédica y genómica. Obtenido de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Kinetin#section=Dissociation-Constants>.
- Limongi, R. (2011). Amarillo de Guayaquil (*Centrolobium ocoxylum Rose ex Rudd*) especie de uso múltiple del bosque seco del Ecuador. INIAP. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/481/48156296008/html/>
- Londoño, M. (2021). Regulador fisiológico bencil aminopurina. Obtenido de <https://agroactivocol.com/producto/sanidad-vegetal-alimentos-saludables/regulador-fisiologico-bencilaminopurina/>.
- Lucas, M. (2011). El cultivo forestal de *Paulownia spp* primeros resultados de su aplicación en Castilla.
- Maderero, D. (2016). Madera de Paulownia. Características y usos. Obtenido de <https://www.forestmaderero.com/articulos/item/madera-de-paulownia-caracteristicas-y-usos.html#comments>
- Marin, J. (2017). La micropropagación y la mejora de especies frutales. Artes Gráficas, 35.

- Martínez, L. (2008). Micropropagación vegetal. Obtenido de http://revbigo.webs.uvigo.es/images/revbigo/2008/Rebigo_2008_07.pdf
- Miranda, O. (2014). Evaluación y selección in vitro de materiales promisorios. Santo Domingo de los Tsáchilas: ESPE.
- Mollohuanca, C. (2021). Reguladores de crecimiento (BAP y ANA) en la propagación in vitro de Queñoa (*Polylepis rugulosa* Bitter). Manglar, 207-213. Obtenido de http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/77892/1/Modulacion_de_la_morfogenesis_en_masas_de_nodul_Torro_Guardiola_Miguel_Angel.pdf.
- Muñoz, F. (2014). Antecedentes de *Paulownia elongata x fortunei* para la producción de bioenergía. Obtenido de http://www2.udec.cl/~fmunoz/Libro_Paulownia.pdf.
- Murillo, O. (2007). Propagacion vegetativa de Teca. Obtenido de <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/3392/2008.%20IBP.%20MSc.%20BV.%20Marco%20Inicio%20Jim%C3%A9nez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ocaña, R. (2002). Manual para el cultivo de *Paulownia elogata*. Obtenido de http://www.siea.uaemex.mx/siestudiosa/FrmEditorial/2009/09_C_422_0643.pdf
- Ordóñez, M. (2013). Evaluación de medios de cultivo sobre las fases de micropropagación in vitro de la especie forestal nativa Yagual (*Polylepis incana*). Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14670/1/Propagaci%C3%B3n%20in%20vitro%20de%20tres%20especies%20del%20g%C3%A9nero%20Paulownia%20bajo%20el%20sistema%20de%20propagaci%C3%B3n%20convencional.pdf>.
- Recalde, C. (2007). Establecimiento del cultivo in vitro y aclimatación en invernadero de nepeta hederacea variegata. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8735/1/UPS-QT06660.pdf>
- Rivero, M. (2011). Cultivo de tejidos vegetales. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8735/1/UPS-QT06660.pdf>

- Roca, W. (2007). Cultivo de tejidos en la agricultura. Cali, CO, L. INGRAMEX, 27, 124, 125.
- Rodríguez, A. (2017). Organogénesis indirecta y enraizamiento in vitro de *Paulownia elongata*. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7988/AGzefems.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas, S. (2007). Propagación asexual de plantas. Conceptos básicos y experiencia con especies amazónicas. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3955/1/13T0803%20.pdf>.
- Ross, J. (2000). New interaction between classical plant hormones. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8735/1/UPS-QT06660.pdf>.
- Suárez, I. (2006). Desarrollo de un protocolo para la propagación in vitro. Montería. Córdoba: Departamento de Ingeniería Agronómica y Desarrollo Rural.
- Taha, S. (2008). A Micropropagation protocol of *Paulownia kowakamii* through in vitro culture technique. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 594–600.
- Torró, M. (2018). Modulación de morfogénesis en masas de nódulos meristemáticos de *Paulownia tomentosa*. Obtenido de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/77892/1/Modulacion_de_la_morfogenesis_en_masas_de_nodul_Torro_Guardiola_Miguel_Angel.pdf

ANEXOS

Anexo N° 1 Mapa de ubicación del ensayo

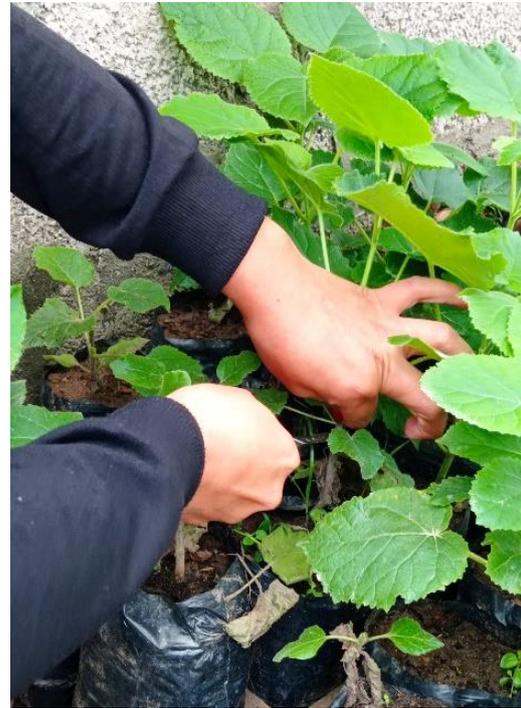


2	3	1	2	0	0	15	100	100	100	1	3	3	0,9	1,1	1,4	1	3	5	1,2	26	1	2	2	3,1
3	3	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3	1	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	3	2	1	0	0	16	100	100	100	0	2	3	1,2	1,3	1,5	0	2	4	1,2	29	1	2	4	2,8
6	3	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	3	2	3	0	0	17	100	100	100	0	2	3	1,4	1,7	1,7	0	2	5	1,3	26	1	2	3	2,5
8	3	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	3	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	3	3	2	0	0	9	100	100	100	2	4	5	1,7	2	2,1	3	5	5	1,9	27	1	3	4	3
11	3	3	3	0	0	8	100	100	100	2	4	6	1,9	2	2,5	2	4	6	1,8	25	2	3	4	2,4
12	3	3	4	0	0	8	100	100	100	3	6	6	1,9	2,1	2,6	3	5	5	2	22	2	4	5	3
1	4	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4	1	2	0	0	15	100	100	100	1	3	4	1,2	1,6	1,8	1	2	5	1,5	28	1	3	4	3
3	4	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	1	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	2	1	0	0	16	100	100	100	0	2	2	1,5	1,7	1,8	2	5	5	1,4	28	1	1	3	2,3
6	4	2	2	0	0	13	100	100	100	1	3	3	1,9	2,1	2,1	2	5	6	1,6	27	1	3	4	2,5
7	4	2	3	0	0	15	100	100	100	1	3	4	1,5	1,7	1,9	2	5	6	1,5	27	2	3	4	2
8	4	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	4	3	1	0	0	10	100	100	100	2	3	4	1,6	2,1	2,2	3	5	6	1,4	27	1	3	5	2,1
10	4	3	2	0	0	10	100	100	100	2	3	5	2	2,2	2,2	3	5	6	1,7	26	1	4	5	2,9
11	4	3	3	0	0	10	100	100	100	2	4	5	2,1	2,4	2,6	3	6	8	1,8	24	2	4	5	3
12	4	3	4	0	0	9	100	100	100	2	4	6	2,4	2,6	2,8	4	6	8	2	23	2	4	6	3,2

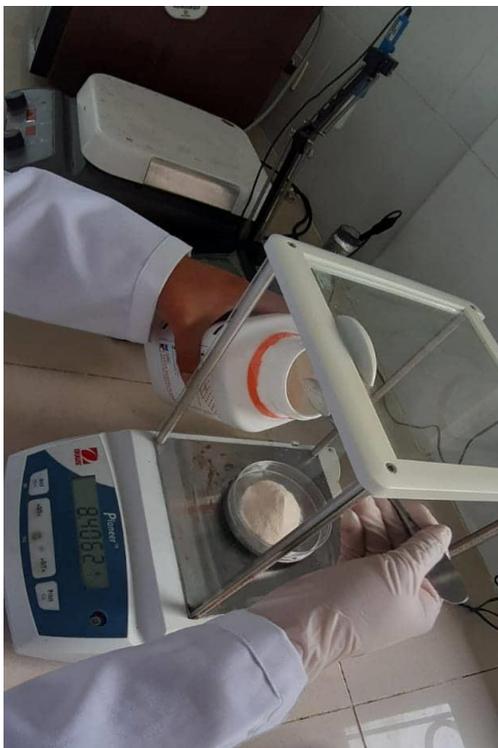
Anexo N° 3 Manejo de la investigación



Fotografía 1: Selección de plántulas



Fotografía 2: Selección de plántulas



Fotografía 3: Peso del Gelificante Agar



Fotografía 4: Sacarosa



Fotografía 5: Preparación de medio de cultivo



Fotografía 6: Preparación de medio de cultivo



Fotografía 7: Desinfección de explantes



Fotografía 8: Proceso de desinfección



Fotografía 9: Medios de cultivos



Fotografía 10: Tratamientos con dosis



Fotografía 11: Toma de variable longitud de brotes



Fotografía 12: Toma de variable número de raíces



Fotografía 13: Identificación de tratamientos



Fotografía 14: Tratamientos en área de incubación



Fotografía 15: Visita de campo



Fotografía 16: Pre defensa

Anexo N° 4 Glosario

Auxinas: Las auxinas son un grupo de fitohormonas que actúan como reguladoras del crecimiento vegetal en la cual da a conocer que ayuda la planta.

Bencil-adenina: Se utiliza para promover la brotación lateral en numerosas especies ya que induce la división celular.

Bencilaminopurina: Es una citoquinina sintética de primera generación que provoca respuestas de crecimiento y desarrollo de las plantas.

Brotos: Se denomina brote a los nuevos crecimientos de las plantas, que logran incluir tallos, yemas y hojas. El brote de germinación de la semilla que crece hacia arriba es un brote que desarrollará hojas.

Citoquininas: 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.

Elíptica: Puede decirse que una elipse es una curva simple y cerrada que dispone de un par de ejes de simetría.

Explante: El explanto o explante es un tejido vivo separado de su órgano propio y trasladado a un medio artificial de crecimiento

Fuste: Madera del árbol sin considerar la corteza.

Giberelinas: Las giberelinas tienen un número de efectos sobre el desarrollo vegetal estimulan rápido crecimiento de tallos. Inducen divisiones mitóticas en las hojas de algunas especies.

Hermafroditas: En la misma flor existen verticilos masculinos y femeninos. Atendiendo al sexo de las flores las plantas pueden ser planta hermafrodita. Planta en la que concurren los dos sexos en la misma flor. Planta unisexual monoica: en un mismo pie de planta hay flores masculinas y femeninas.

Inflorescencia: La inflorescencia es todo sistema de ramificaciones que remata en flores. Pedúnculo: es el eje principal o parte del tallo que soporta el receptáculo común o el raquis. Raquis: es la parte del tallo que lleva las ramas floríferas. Pedicelo: es la parte del tallo que sostiene cada flor.

Inoculo: Es introducir algo que crecerá y se reproducirá, y comúnmente se utiliza esta con respecto a la introducción de suero sanguíneo, una vacuna o una sustancia dentro del cuerpo de un humano o de un animal, especialmente para producir inmunidad a una enfermedad específica.

Kinetina: Es un tipo de citoquinina, una clase de hormona vegetal que promueve la división celular.

Lámiales: Es un orden de plantas dicotiledóneas. Anteriormente se las denominaba con más frecuencia Scrophulariales, pero dado que tanto la familia Lamiaceae como Scrophulariaceae han sido clasificadas dentro del mismo orden por los taxónomos clasistas, es posible utilizar ambas nomenclaturas.

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

Organolépticas: son todas aquellas descripciones de las características físicas que tiene la materia en general, según las pueden percibir.

Paulownia: Es un género de 17 especies de plantas en la familia monogénica paulowniaceae, vinculada con las Scrophulariaceae. Son nativas de China, de sur a norte de Laos y de Vietnam, todas las zonas cultivables del este de Asia, principalmente en Japón y en Corea.

Proliferación: Proceso por el cual una célula crece y se divide para originar dos células hijas. La proliferación celular transporta a un aumento exponencial del número de células y, por lo tanto, es una unidad rápido de crecimiento tisular.

Propagulos: Tipo de germen, parte o estructura de un organismo (planta, hongo o bacteria), producido sexual o asexualmente, capaz de desplegar de manera separada

para dar lugar a un nuevo organismo idéntico al que lo formó.

Sacarosa: Es el azúcar de consumo habitual, se obtiene de la caña de azúcar y remolacha azucarera. Está formado por la unión de glucosa y fructosa.

Subcultivo: Transplante de células de un envase de cultivo hacia otros.

Vitaminas: Grupo de sustancias que son necesarias para el funcionamiento celular, el crecimiento y el desarrollo normales.

Zigomorfo: Botánica, se aplica a los órganos o partes de la planta (normalmente las flores) que poseen un plano de simetría bilateral, como las flores de muchas fabáceas corrientes, las Faboideae presentan flores.