UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Ingeniería Agronómica

Tema:

EVALUACIÓN DE EXPLANTES DE CONGONA, **(*Peperomia inaequalifolia* Ruiz &Pav.)** MEDIANTE MULTIPLICACIÓN IN VITRO UTILIZANDO TRES TIPOS DE CITOQUININAS EN TRES DOSIS

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 Ingeniería Agronómica.

Autora:

Noemi del Rocío Llongo Monteros

Directora:

Ing. Sonia Salazar Ramos Mg

Guaranda – Ecuador

2025

CERTIFICADO DE AUTORÍA

Yo, Noemi del Rocío Llongo Monteros con cédula de identidad 0202012068, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación personal; y que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor (es).

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

.....

NOEMI DEL ROCÍO LLONGO MONTEROS
AUTORA
C.I 0202012068

.....

ING. SONIA SALAZAR RAMOS Mg.
DIRECTORA
C.I 0200933067

.....

ING. ALEJANDRO BOSQUEZ BARCENES Mg.
BIOMETRISTA
C.I 0201819570

.....

ING. SONIA FIERRO BORJA Mg.
ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA
C.I 0201084712

Scanned with CamScanner

EVALUACIÓN DE EXPLANTES DE CONGONA, (*Peperomia inaequalifolia* Ruiz &Pav.) MEDIANTE MULTIPLICACIÓN IN VITRO UTILIZANDO TRES TIPOS DE CITOQUININAS EN TRES DOSIS

REVISADO Y APROBADO POR:

.....

ING. SONIA SALAZAR RAMOS Mg.

DIRECTORA

.....

ING. ALEJANDRO BOSQUEZ BARCENES Mg.

BIOMETRISTA

.....

ING. SONIA FIERRO BORJA Mg.

ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA.

Scanned with CamScanner

ESCRITURA PÚBLICA
DECLARACION JURADA
Señorita NOEMÍ ROCÍO LLONGO MONTEROS

En la ciudad de Guaranda, Capital de la Provincia de Bolívar, República del Ecuador, hoy día lunes, catorce de julio de dos mil veinticinco, ante mi Doctor GUIDO FABIAN FIERRO BARRAGAN, NOTARIO PÚBLICO PRIMERO DEL CANTÓN GUARANDA, comparece la señorita **NOEMÍ ROCÍO LLONGO MONTEROS**. La compareciente es de nacionalidad ecuatoriana, mayor de edad, de estado civil soltera, capaz de contraer obligaciones, domiciliada en el cantón Chillanes con número de teléfono móvil 0981370789 a quien de conocer doy fe, en virtud de haberme exhibido sus cédulas de ciudadanía y papeletas de votación cuyas copias adjunto a esta escritura.- Advertida por mí el Notario de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinada de que comparece al otorgamiento de la misma sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción, juramentada en debida forma, prevenida de la gravedad del juramento, de las penas de perjurio y de la obligación que tiene de decir la verdad con claridad y exactitud, bajo juramento declara lo siguiente: " Previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónomo, manifiesto que los criterios e ideas emitidas en el proyecto de Investigación titulado " EVALUACIÓN DE EXPLANTES DE CONGONA, (*Peperomía inaequalifolia Ruiz&Pav* MEDIANTE MULTIPLICACION IN VITRO UTILIZANDO TRES TIPOS DE CITOQUININAS EN TRES DOSIS", es de mi exclusiva responsabilidad en calidad de autora. (Hasta aquí la declaración juramentada rendida por la compareciente la misma que queda elevada a escritura pública con todo el valor legal.) Para el otorgamiento de esta escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso; y leída que le fue a la compareciente íntegramente por mí el Notario, se ratifica en todo su contenido y firma conmigo en unidad de acto. Incorporo esta escritura pública al protocolo de instrumentos públicos, a mi cargo. De todo lo cual doy fe.-

Señorita NOEMÍ ROCÍO LLONGO MONTEROS
C.C. 0202012068

DR. GUIDO FIERRO BARRAGÁN
NOTARIO PRIMERO
GUARANDA - ECUADOR

Doctor Guido Fabián Fierro Barragán
NOTARIO PÚBLICO PRIMERO DEL CANTÓN GUARANDA

Scanned with CamScanner

Noemi LLongo

LLONGO_NOEMI_ PROYECTO_CONGONA2025.pdf

Universidad Estatal de Bolivar

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::3117:474031599

Fecha de entrega
15 Jul 2025, 2:42 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
15 Jul 2025, 2:56 p.m. GMT-5

Nombre de archivo
LLONGO_NOEMI_ PROYECTO_CONGONA2025.pdf

Tamaño de archivo
10.7 MB

147 Páginas

30.503 Palabras

133.327 Caracteres

Ing. Sonia Salazar Ramos MSc.
DIRECTORA

Scanned with CamScanner

3% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Trabajos entregados
- Fuentes de Internet

Fuentes principales

0%	Fuentes de Internet
3%	Publicaciones
0%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Ing. Sonia Salazar Ramos MSc.
DIRECTORA

Scanned with CamScanner

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por haberme siempre llevado a tomar buenas decisiones y darme fuerzas para culminar esta etapa en mi vida.

A mis padres Rafael y Noemi por siempre ser esos pilares fundamentales en mi vida, dando siempre su mejor esfuerzo para que yo pudiera cumplir cada una de mis metas, enseñándome que siempre hay que perseguir los sueños y cumplirlos, y a nunca rendirme ante ningún obstáculo por más difícil que se ponga.

A mi hijo Rafael por brindarme siempre su apoyo, cariño en todo momento y en muchas ocasiones soportando mi ausencia, pero siempre dándome ánimo para que no abandone mi sueño de ser profesional.

Noemi del Rocío Llongo Monteros

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, en especial a la Carrera de Ingeniería Agronómica y a sus docentes por haber contribuido con los conocimientos necesarios para mi formación profesional.

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

De la misma manera a los Miembros del Tribunal Ing. Alejandro Bosquez (Biometrista), Ing. Sonia Fierro (Área de Redacción Técnica) quienes contribuyeron en la planificación, ejecución y sistematización de esta investigación.

Al laboratorio de Biotecnología, por el apoyo otorgado para la realización de mi proyecto, especialmente al Ing. Víctor Hugo Cortez quien me brindó sus conocimientos y su apoyo incondicional en cada etapa, para llevar a término mi investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	PROBLEMA	3
III.	MARCO TEÓRICO	4
3.1.	Origen	4
3.2.	Taxonomía	4
3.3.	Descripción botánica	4
3.3.1.	Familia Piperaceae	4
3.3.2.	Genero Peperomia	5
5.3.3.	Características de ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav**	5
3.4.	Plagas y enfermedades	6
3.4.1.	Plagas	6
3.4.2.	Enfermedades	6
3.5.	Cultivo in vitro	7
3.6.	Reguladores de crecimiento	8
3.6.1.	Los efectos de las citoquininas en la planta	9
	Sales minerales MS (Murashige y Skoog, 1962) en (mg/l)	
3.6.5.	Sales minerales MS (Murashige y Skoog, 1962) en mg/l	10
3.6.7.	Micronutrientes en mg/l	11
3.6.8.	Vitaminas en mg/l	12
3.6.9	Elaboración de soluciones madre del medio de cultivo murashige y skoog	12
IV.	MARCO METODOLÓGICO	13
4.1.	Materiales	14
4.1.1.	Localización de la investigación	13
4.1.2.	Situación geográfica y climática	13
4.1.3.	Zona de vida	14
4.1.4.	Material experimental	14
4.1.5.	Materiales de campo	14

4.1.6.	Material de laboratorio	14
4.1.7.	Material de oficina	16
4.1.8.	Equipos de oficina	16
4.2.	Métodos	16
4.2.1.	Factores en estudio	16
4.2.2.	Tratamientos	17
4.2.3.	Tipo de diseño experimental	18
4.2.4.	Procedimiento	18
4.2.5.	Tipo de análisis	18
4.3.	Métodos de evaluación y datos tomados	19
4.3.1.	Días a la brotación en la unidad experimental (DBUE)	19
4.3.2.	Número de brotes por explante (NBE)	19
4.3.3.	Número de hojas por brote (NHB)	19
4.3.4.	Altura de brotes (AB)	19
4.3.5.	Taza de velocidad de multiplicación (TVM)	19
4.3.6.	Número de frascos contaminados (NFC)	20
4.4.	Manejo del experimento	20
4.4.1.	Selección de las plantas	20
4.4.2.	Obtención de brotes	20
4.4.3.	Desinfección del material en el laboratorio	20
4.4.4.	Preparación del medio de cultivo	21
4.4.5.	Esterilización del medio de cultivo	22
4.4.6.	Introducción al medio de cultivo	22
4.4.7.	Transferencia del material vegetal	22
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1.	Días a la brotación en la unidad experimental a los 30 días (DBUE)	23
5.2.	Días a la brotación en la unidad experimental a los 60 días (DBUE)	28
5.3.	Días a la brotación en la unidad experimental a los 90 días (DBUE)	32
5.4.	Número de brotes por explante a los 30 días (NBE)	37

5.5.	Número de brotes por explante a los 60 días (NBE)	41
5.6.	Número de brotes por explante a los 90 días (NBE)	45
5.7.	Número de hojas por brote a los 30 días (NHB)	50
5.8.	Número de hojas por brote a los 60 días (NHB)	55
5.9.	Número de hojas por brote a los 90 días (NHB)	59
5.10.	Altura de brotes a los 30 días (AB)	63
5.11.	Altura de brotes a los 60 días (AB)	68
5.12.	Altura de brotes a los 90 días (AB)	72
5.13.	Taza de velocidad de multiplicación a los 30 días (TVM)	77
5.14.	Taza de velocidad de multiplicación a los 60 días (TVM)	81
5.15.	Taza de velocidad de multiplicación a los 90 días (TVM)	86
5.16.	Número de frascos contaminados a los 30 días (NFC)	91
5.17.	Número de frascos contaminados a los 60 días (NFC)	96
5.18.	Número de frascos contaminados a los 90 días (NFC)	101
VI.	COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	107
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
7.1.	Conclusiones	108
7.2.	Recomendaciones	109
ANEXOS		

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag
1	Resultados de coeficiente de determinación en la variable DBUE a los 30 días	23
2	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable DBUE a los 30 días	23
3	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable DBUE a los 30 días	24
4	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable DBUE a los 30 días	25
5	Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la DBUE a los 30 días	26
6	Resultados de coeficiente de determinación en la variable DBUE a los 60 días	28
7	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable DBUE a los 60 días	28
8	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable DBUE a los 60 días	29
9	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable DBUE a los 60 días	30
10	Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la DBUE a los 60 días	31
11	Resultados de coeficiente de determinación en la variable DBUE a los 90 días	32
12	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable DBUE a los 90 días	33
13	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable DBUE a los 90 días	33
14	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable DBUE a los 90 días	34
15	Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la DBUE a los 90 días	35

16	Resultados de coeficiente de determinación en la variable NBE a los 30 días	37
17	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NBE a los 30 días	37
18	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NBE a los 30 días	38
19	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NBE a los 30 días	39
20	Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la NBE a los 30 días	40
21	Resultados de coeficiente de determinación en la variable NBE a los 60 días	41
22	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NBE a los 60 días	42
23	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NBE a los 60 días	42
24	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NBE a los 60 días	43
25	Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la NBE a los 60 días	44
26	Resultados de coeficiente de determinación en la variable NBE a los 90 días	45
27	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NBE a los 90 días	46
28	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NBE a los 90 días	46
29	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NBE a los 90 días	47
30	Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la NBE a los 90 días	49
31	Resultados de coeficiente de determinación en la variable NHB a los 30 días	50
32	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NHB	51

	a los 30 días	
33	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NHB a los 30 días	51
34	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NHB a los 30 días	52
35	Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la NHB a los 30 días	53
36	Resultados de coeficiente de determinación en la variable NHB a los 60 días	55
37	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NHB a los 60 días	55
38	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NHB a los 60 días	56
39	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NHB a los 60 días	57
40	Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la NHB a los 60 días	58
41	Resultados de coeficiente de determinación en la variable NHB a los 90 días	59
42	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NHB a los 90 días	60
43	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NHB a los 90 días	60
44	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NHB a los 90 días	61
45	Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la NHB a los 90 días	62
46	Resultados de coeficiente de determinación en la variable AB a los 30 días	64
47	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable AB a los 30 días	64
48	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable AB a los 30 días	65

49	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable AB a los 30 días	66
50	Promedios de la variable altura brote a los 30 días en la interacción AxB	67
51	Resultados de coeficiente de determinación en la variable AB a los 60 días	68
52	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable AB a los 60 días	69
53	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable AB a los 60 días	69
54	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable AB a los 60 días	70
55	Promedios de la altura de brotes a los 60 días en tipos de congona en tipos de citoquininas	71
56	Resultados de coeficiente de determinación en la variable AB a los 90 días	72
57	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable AB a los 90 días	73
58	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable AB a los 90 días	73
59	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable AB a los 90 días	74
60	Promedios de la altura de brotes a los 90 días en tipos de congona en tipos de citoquininas	76
61	Resultados de coeficiente de determinación en la variable TVM a los 30 días	77
62	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable TVM a los 30 días	78
63	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable TVM a los 30 días	78
64	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable TVM a los 30 días	79
65	Promedios de la taza de velocidad de multiplicación a los 30	80

días en tipos de congona en tipos de citoquininas

66	Resultados de coeficiente de determinación en la variable TVM a los 60 días	82
67	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable TVM a los 60 días	82
68	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable TVM a los 60 días	83
69	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable TVM a los 60 días	84
70	Promedios de la variable Taza de Velocidad Multiplicación a los 60 días en la interacción AxB	85
71	Resultados de coeficiente de determinación en la variable TVM a los 90 días	86
72	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable TVM a los 90 días	87
73	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable TVM a los 90 días	87
74	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable TVM a los 90 días	89
75	Promedios de la taza de velocidad de multiplicación a los 90 días en tipos de congona en tipos de citoquininas	90
76	Resultados de coeficiente de determinación en la variable NFC a los 30 días	91
77	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NFC a los 30 días	92
78	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NFC a los 30 días	92
79	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NFC a los 30 días	93
80	Promedios del número de frascos contaminados a los 30 días en tipos de congona en tipos de citoquininas	95
81	Resultados de coeficiente de determinación en la variable NFC a los 60 días	97

82	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NFC a los 60 días	97
83	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NFC a los 60 días	98
84	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NFC a los 60 días	99
85	Promedios de la variable número de frascos contaminados a los 60 días en la interacción AxB	100
86	Resultados de coeficiente de determinación en la variable NFC a los 90 días	102
87	Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NFC a los 90 días	102
88	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NFC a los 90 días	102
89	Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NFC a los 90 días	103
90	Promedios de la variable Número de frascos contaminados NFC a los 90 días en la interacción AxB	105

ÍNDICE DE GRÁFICO

Gráfico		Pag
1	Promedios de la variable DBUE para el factor A a los 30 días	24
2	Promedios de la variable DBUE para el factor B a los 30 días	25
3	Promedios de la variable días a la brotación en la unidad experimental a los 30 días en tipos de congona en tipos de citoquininas	27
4	Promedios de la variable DBUE para el factor A a los 60 días	29
5	Promedios de la variable DBUE para el factor B a los 60 días	30
6	Promedios de la variable días a la brotación en la unidad experimental a los 60 días en la interacción AxB.	31
7	Promedios de la variable DBUE para el factor A a los 90 días	34
8	Promedios de la variable DBUE para el factor B a los 90 días	35
9	Promedios de la variable días a la brotación en la unidad experimental a los 90 días en la interacción AxB.	36
10	Promedios de la variable NBE para el factor A a los 30 días	38
11	Promedios de la variable NBE para el factor B a los 30 días	39
12	Promedios de la variable días a la brotación en la unidad experimental a los 30 días en la interacción AxB.	40
13	Promedios de la variable NBE para el factor A a los 60 días	42
14	Promedios de la variable NBE para el factor B a los 60 días	43
15	Promedios de la variable número de brotes por explante a los 60 días en la interacción AxB.	44

16	Promedios de la variable NBE para el factor A a los 90 días	47
17	Promedios de la variable NBE para el factor B a los 90 días	48
18	Promedios de la variable Número de brotes por explante a los 90 días en la interacción AxB	49
19	Promedios de la variable Número de hojas por brote para el factor A a los 30 días	52
20	Promedios de la variable NHB para el factor B a los 30 días	53
21	Promedios de la variable Número de hojas por brote a los 30 días en la interacción AxB	54
22	Promedios de la variable NHB para el factor A a los 60 días	56
23	Promedios de la variable NHB para el factor B a los 60 días	57
24	Promedios de la variable Número de hojas por brote a los 60 días en la interacción AxB	58
25	Promedios de la variable NHB para el factor A a los 90 días	60
26	Promedios de la variable NHB para el factor B a los 90 días	61
27	Promedios de la variable Número de hojas por brote a los 90 días en la interacción AxB	63
28	Promedios de la variable AB para el factor A a los 30 día	65
29	Promedios de la variable AB para el factor B a los 30 días	66
30	Promedios de la variable altura brote a los 30 días en la interacción AxB	67
31	Promedios de la variable AB para el factor A a los 60 días	69
32	Promedios de la variable AB para el factor B a los 60 días	70

33	Promedios de la variable altura de brote a los 60 días en la interacción AxB	71
34	Promedios de la variable AB para el factor A a los 90 días	74
35	Promedios de la variable AB para el factor B a los 90 días	75
36	Promedios de la variable altura de brote a los 90 días en la interacción AxB	76
37	Promedios de la variable TVM para el factor A a los 30 días	78
38	Promedios de la variable TVM para el factor B a los 30 días	79
39	Promedios de la variable Taza de velocidad de multiplicación a los 30 días en la interacción AxB	80
40	Promedios de la variable TVM para el factor A a los 60 días	83
41	Promedios de la variable TVM para el factor B a los 60 días	84
42	Promedios de la variable Taza de Velocidad Multiplicación a los 60 días en la interacción AxB	85
43	Promedios de la variable TVM para el factor A a los 90 días	88
44	Promedios de la variable TVM para el factor B a los 90 días	89
45	Promedios de la variable Taza de velocidad de multiplicación a los 90 días en la interacción AxB	90
46	Promedios de la variable NFC para el factor A a los 30 días	93
47	Promedios de la variable NFC para el factor B a los 30 días	94
48	Promedios de la variable Número de frascos contaminados NFC a los 30 días en la interacción AxB	95
49	Promedios de la variable NFC para el factor A a los 60 días	98

50	Promedios de la variable NFC para el factor B a los 60 días	99
51	Promedios de la variable número de frascos contaminados a los 60 días en la interacción AxB	100
52	Promedios de la variable NFC para el factor A a los 60 días	103
53	Promedios de la variable NFC para el factor B a los 90 días	104
54	Promedios de la variable Número de frascos contaminados NFC a los 90 días en la interacción AxB	105

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Mapa físico de la localidad donde se realizó la investigación

Anexo 2 Base de datos

Anexo 3 Manejo del experimento

Anexo 4 Glosario de términos técnicos

RESUMEN

La multiplicación in vitro de explantes de congona es un campo crucial para el mejoramiento genético y la propagación eficiente de esta especie. Este estudio se enfocó en evaluar el impacto de diferentes dosis y tipos de citoquininas en la respuesta de multiplicación, con el objetivo de proporcionar pautas precisas para optimizar este proceso. La investigación se llevó a cabo bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), utilizando tres factores A (tipos de citoquininas), con tres niveles cada uno, y un factor B (dosis de citoquininas) con cuatro niveles. Se realizaron evaluaciones a los 30, 60 y 90 días para variables clave como número de brotes por explante (NBE), número de hojas por brote (NHB), altura de brotes (AB), taza de velocidad de multiplicación (TVM) y número de frascos contaminados (NFC). Para la interacción AxB, en la variable NBE a los 30 días, los tratamientos con Kinetina a 2 mg/l (T6) y Benzil amino purina a 6 mg/l (T12) mostraron los promedios más altos. En NHB En todas las tomas, los tratamientos con Kinetina a 2 mg/l (T6) y Benzil amino purina a 6 mg/l (T12) presentaron los promedios más altos. En AB a los 30 y 60 días, los tratamientos con Kinetina a 2 mg/l (T6) y Benzil amino purina a 6 mg/l (T12) mostraron las alturas promedio más significativas. A los 90 días, aunque la diferencia disminuyó, estos tratamientos aún se destacaron. Esto sugiere que la combinación de Kinetina a 2 mg/l y Benzil amino purina a 6 mg/l favorece el crecimiento en altura de los brotes de congona. Para la variable TVM En todas las evaluaciones, el tratamiento con Kinetina a 2 mg/l (T6) mostró la TVM más alta. En los números de frascos contaminados en todas las tomas, el tratamiento con Bencil adenina a 6 mg/l (T4) presentó el menor número de frascos contaminados, destacándose como la opción más efectiva para reducir la contaminación en el cultivo de congona.

Palabras clave: Congona, propagación in vitro, kinetina, benzil amino purina, bencil adenina

SUMMARY

In vitro multiplication of congona explants is a crucial field for the genetic improvement and efficient propagation of this species. This study focused on evaluating the impact of different doses and types of cytokinins on the multiplication response, with the aim of providing precise guidelines to optimize this process. The research was carried out under a Completely Randomized Design (CRD), using three factors A (cytokinin types), with three levels each, and one factor B (cytokinin dose) with four levels. Evaluations were performed at 30, 60 and 90 days for key variables such as number of shoots per explant (NBE), number of leaves per shoot (NHB), shoot height (AB), multiplication velocity rate (TVM) and number of contaminated vials (NFC). For the AxB interaction, in the variable NBE at 30 days, the treatments with Kinetin at 2 mg/l (T6) and Benzyl amino purine at 6 mg/l (T12) showed the highest averages. In NHB At all intakes, treatments with Kinetin at 2 mg/l (T6) and Benzyl amino purine at 6 mg/l (T12) showed the highest averages. In AB at 30 and 60 days, the treatments with Kinetin at 2 mg/l (T6) and Benzyl amino purine at 6 mg/l (T12) showed the most significant average heights. At 90 days, although the difference decreased, these treatments still stood out. This suggests that the combination of Kinetin at 2 mg/l and Benzyl amino purine at 6 mg/l favors congona shoot height growth. For the variable TVM In all evaluations, the treatment with Kinetin at 2 mg/l (T6) showed the highest TVM. In the numbers of contaminated vials in all the shots, the treatment with Benzyl adenine at 6 mg/l (T4) presented the lowest number of contaminated vials, standing out as the most effective option to reduce contamination in the congona crop.

Key words: Congona, in vitro propagation, kinetin, benzyl amino purine, benzyl adenine.

I. INTRODUCCIÓN

El género ***Peperomia*** es uno de los dos géneros botánicos más grandes de las Piperaceaes. Hay más de 11.601 especies aceptadas por The Plant List. Muchos de ellos son pequeños, perennes, epífitos y crecen en madera podrida. Se pueden encontrar en regiones subtropicales y tropicales del mundo, con una concentración en América Central y el norte de América del Sur, África es el hogar de sólo 17 especies (García, 2023).

Peperomia inaequalifolia **Ruiz & Pav**, también conocida como congona, es una planta nativa del Ecuador y ampliamente distribuida en los países de Colombia y Perú; es principalmente cultivaba debido a sus propiedades medicinales. En el Ecuador la congona es ampliamente distribuida en las provincias de Cañar, Azuay y Carchi García, 2023).

Algunas de las aplicaciones más comunes de la congona son como analgésico para el dolor de cabeza realizando infusiones con las hojas de la planta, también sirve de tranquilizante, el extracto de las hojas de igual manera es usado para la otitis y conjuntivitis. Además, las hojas trituradas sirven de dentífrico para tratar gingivitis y como cicatrizantes tópicos (Reyes, 2021).

Por lo tanto, es de interés, extraer, caracterizar e investigar la actividad biológica de la Congona **(*Peperomia inaequalifolia* Ruiz & Pav.),** debido a que solo se han reportado estudios de propiedades antimicrobianas de los extractos brutos de la planta y mas no sus métodos de propagación (Reyes, 2021).

Los Reguladores de Crecimiento Vegetal (RCV o PGR, por sus siglas en inglés) pueden ser la respuesta a diversos desafíos, tales como potenciar el desarrollo de los cultivos, aumentar el rendimiento y calidad, y controlar la tasa de crecimiento. Los reguladores de crecimiento vegetal son un grupo especializado de productos, que se utilizan desde la década de 1950 para promover y mejorar la salud de los cultivos, debido a que los reguladores de crecimiento vegetal (RCV) ayudan a regular el crecimiento y desarrollo, las plantas crecen, manteniendo su forma y tamaño esperado. Los RCV, son sustancias naturales o sintéticas, que pueden actuar

como promotores o inhibidores, dependiendo del tipo y concentración utilizada. Los promotores de crecimiento vegetal, como auxinas y citoquininas, estimulan la división y elongación celular (Reyes, 2021).

Las citoquininas es un conjunto de fitohormonas que desempeñan un papel fundamental en los procesos de división celular, involucrados en el desarrollo de brotes laterales, la germinación de semillas, la maduración de cloroplastos, la diferenciación celular, y diversos aspectos del crecimiento vegetal, como la ralentización del envejecimiento y la transmisión de señales (Malavé, 2024).

Los objetivos planteados dentro de la presente investigación fueron:

- Determinar la citoquinina que ayuda en la multiplicación in vitro en un mayor porcentaje.
- Identificar la dosis de citoquinina que ayuda a un mayor desarrollo de los explantes.
- Analizar la citoquinina y la dosis que ayuda a obtener un mayor número de explantes.

II. PROBLEMA

Uno de los principales problemas en las especies silvestres del Género Piper es que son esporádicas en su ambiente natural, el endemismo de numerosas especies, y la poca resistencia de las semillas en su conservación por largos periodos de tiempo.

La congona (***Peperomia inaequalifolia Ruiz &Pav.***) es una especie nativa de Ecuador, pero a pesar de ello se encuentra en total desconocimiento a nivel de comercio debido a que se encuentra muy poca información sobre sus usos, beneficios y medios de propagación, esta planta se encuentra en muy pocas cantidades en huertos caseros por ello es de gran importancia aportar información sobre las características etnobotánicas y medicinales que proporciona la misma.

Teniendo en cuenta que una metodología de actualidad es la multiplicación in vitro se decidió emplear esta técnica en una variedad de la congona mediante la aplicación de tres tipos de citoquininas en tres dosis, para de esta forma mejorar la calidad de plantas y obtener de manera más rápida mayor cantidad de ejemplares.

La conservación de germoplasma in vitro aseguraría la preservación de los mejores genotipos por lo tanto al momento de realizar el intercambio de germoplasma se minimizaría la transferencia de plagas y enfermedades de una región geográfica a otra lo cual posibilitaría el amplio uso de estas especies en diversas investigaciones.

Por lo que en esta investigación se determinó la concentración y dosis de citoquininas adecuadas para una variedad de la Congona en la multiplicación in vitro, y así a través de esta metodología generar una micropropagación masiva incrementando la población de plántulas en un periodo de tiempo más corto, y de esta manera proponer como otra opción la producción de plantas medicinales como la Congona (***Peperomia inaequalifolia* Ruiz & Pav*)*** que se pueden adaptar a diferentes zonas agroclimáticas.

III. MARCO TEÓRICO

1.1. Origen

Peperomia inaequalifolia **Ruiz & Pav**, es una planta herbácea suculenta, que crece en lugares húmedos de la sierra. Mide hasta 50 cm de altura, posee un tallo circular, nudoso y ramificado. Las hojas son de color verde brillante muy hidratadas, redondas, las basales de mayor tamaño que las superiores, opuestas y con el margen entero. Las flores son de color verdoso y dan lugar a un fruto pequeño (Sarmiento, 2021).

1.2. Taxonomía

Nombre científico: ***Peperomia inaequalifolia***

Reino: Plantae

División: Fanerógama Magnoliophyta

Clase: Dicotiledónea Magnoliopsida

Orden: Piperales

Familia: Piperaceae

Género: Peperomia

Especie: *inaequalifolia* Ruiz & Pav (Conservación, 2021).

1.3. Descripción botánica

1.3.1. Familia Piperaceae

Plantas herbáceas, epífitas o terrestres, en ocasiones trepadoras, generalmente perennes, rara vez anuales, arbustos o árboles, monoicas o dioicas; hojas alternas, opuestas o verticiladas, simples, suculentas, coriáceas o membranáceas, margen entero, estípulas ausentes, venación palmada o pinnada, a veces peltadas; inflorescencias simples o compuestas, en forma de espigas terminales, axilares u opuestas a los pecíolos, brácteas florales (sub)peltadas; flores reducidas,

generalmente hermafroditas, cáliz y corola ausentes, actinomorfas o zigomorfas; estambres (1)2 a 6(10), biloculares, carpelos 1 a 4, unidos, ovario súpero, unilocular, óvulo 1, basal, estilo generalmente ausente, estigmas 1 a 5; fruto en forma de baya o drupa de formas muy variables.

1.3.2. Genero Peperomia

Género de aproximadamente 1600 especies, de distribución pantropical con diversidad principal en América tropical y subtropical, aunque el género también es bastante común en las regiones tropicales de África, Asia y Australia. En el área de esta flora están representadas 21 especies, algunas de las cuales están consideradas como complejos de varias especies, en espera de más estudios taxonómicos. Una reciente clasificación infragenérica de Peperomia permite ubicar a las especies en 14 subgéneros, seis de los cuales están representados en la región de estudio.

5.3.3. Características de *Peperomia inaequalifolia Ruiz & Pav*

Planta herbácea suculenta, de hasta 50 cm de altura, con tallo cilíndrico, nudoso y ramificado. Las hojas son de color verde brillante, redondas, verticiladas, de mayor tamaño las basales que las superiores, opuestas y con el margen entero. Las flores pequeñas con dos estambres y un ovario súperol, están dispuestas en espigas de hasta 5 cm de largo (Acosta, 2024).

Distribución: Especie originaria de Sudamérica (Perú, y Ecuador). Registrada en Lomas costeras de Casma, Atiquipa, Chaparra (Arequipa); Cerro Campana (La Libertad); Cerro Reque (Lambayeque); Loma de Amancaes, Atocongo, Pachacámac, Lachay, Iguanil, Quilmaná y Asia (Lima) (Reque, 2024).

Hábitat: Se observa en ladera rocosa y loma arbórea (Acosta, 2024).

Propagación: Coloque los esquejes de tallo u hoja (preferiblemente tomados en primavera o principios de verano) en un vaso de agua o en tierra húmeda para macetas y bríndeles luz indirecta y brillante. Deberían desarrollar nuevas raíces en pocas semanas (Balogh, 2024).

Situación actual e importancia: Planta con importantes propiedades medicinales documentadas desde la época colonial (Acosta, 2024).

1.4. Plagas y enfermedades

1.4.1. Plagas

Ácaros

Una plaga típica de la peperomia es el pequeño ácaro. Probablemente no lo detecte hasta que haya causado daños importantes. El enrollamiento de las hojas jóvenes de la peperomia puede ser una señal temprana. También se vuelven quebradizas y retorcidas. El amarilleo de las hojas de la peperomia también puede ser un signo de ácaros. Pruebe con un jabón insecticida si observa signos de ácaros en sus plantas (Ellen, 2022).

Mosquitos del hongo

Estas moscas son muy pequeñas, pero visibles. No vuelan muy bien y podrían parecer saltar alrededor de la planta. Búscalas en las hojas y en la superficie de la tierra. También busca telarañas en la superficie de la tierra, que las larvas crean (Ellen, 2022).

Cochinillas harinosas

Otra plaga común en la peperomia son las cochinillas harinosas. Son blancas y algodonosas y se encuentran en las axilas de las hojas, debajo de las hojas y en las raíces. También se puede observar fumagina y melaza en las plantas infestadas. Una infestación grave puede atrofiar la planta y causar la muerte. Use un pesticida de suelo adecuado para controlar las cochinillas harinosas (Ellen, 2022).

1.4.2. Enfermedades

Podredumbre de la raíz

El exceso de humedad en el suelo puede causar fácilmente una infección fúngica conocida como podredumbre radicular. Busque podredumbre en la línea del suelo que eventualmente asciende por el tallo. Si observa las raíces, estarán negras y blandas (Zuñiga, 2023).

Punto de anillo

En la peperomia, las manchas marrones podrían indicar la mancha anular, una enfermedad viral. Busque anillos concéntricos translúcidos a marrones como señal principal. Las hojas jóvenes también pueden curvarse o torcerse. Una enfermedad grave puede retrasar el crecimiento de la planta. La caída de las hojas de la peperomia es otra señal de una mancha anular avanzada (Zuñiga, 2023).

1.5. Cultivo *in vitro*

Es una técnica que se utiliza en diversos campos de la biología para mantener organismos vivos, o partes de estos, bajo condiciones controladas dentro de un laboratorio. Si bien las áreas más desarrolladas de esta técnica son la microbiología y la biología celular de líneas celulares animales, el cultivo de tejidos vegetales también ha mantenido un desarrollo constante en las últimas décadas, y es aplicado en la conservación de plantas ornamentales como las orquídeas endémicas de la selva, la restauración de bosques, la generación de plantas modificadas para producir nutrientes esenciales, o la producción de fármacos, entre otros (UTEC, 2025).

El cultivo in vitro se realiza tomando una porción de una planta (hoja, tallo, semilla, otros) y colocándola en un medio nutritivo estéril donde se regenerará una o muchas plantas. Este cultivo se incuba bajo condiciones de luz, temperatura y humedad controladas, que junto con las fisicoquímicas y nutricionales propician el desarrollo del explante hacia la formación de una masa celular amorfa denominada callo, de donde parte todo lo demás (Zuñiga, 2023).

Cada grupo de plantas, o a veces cada especie, requieren de una variedad y concentración específica de nutrientes, lo cual aumenta los costos para realizar esta técnica, pero en 1962, Toshio Murashige y Folke Skoog desarrollaron un medio de cultivo que contiene nutrientes básicos para el crecimiento de la mayoría de plantas: en su mayoría sales, algunas vitaminas y el aminoácido glicina. Este medio es esterilizable, y dependiendo de la planta se suplementa con otros nutrientes y reguladores de crecimiento vegetal que impulsen su desarrollo (Fernández, 2023).

En los últimos años, esta técnica ha ganado especial interés para el establecimiento de diversas plantas, sea para producir compuestos u obtener cultivos más sanos y con características genéticas específicas. Su éxito puede fundamentarse en la elección correcta del explante inicial que se usará, el tipo de medio y la construcción de este, además de garantizar la asepsia del cultivo. Si esto se cumple, es posible obtener buenos resultados (Gutierrez, 2019).

1.6. Reguladores de crecimiento

Los fitorreguladores son compuestos sintéticos o naturales que son mucho más potentes que sus análogos naturales. Sin embargo, es importante considerar aspectos críticos como la oportunidad de aplicación, la dosis, la sensibilidad de la variedad y la condición de la planta, ya que cada planta requerirá condiciones específicas de crecimiento que pueden verse afectadas por la concentración de estos compuestos en el medio. Los fitorreguladores incluyen auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido abscísico, ácido salicílico y poliaminas (Fernández, 2023).

1.6.1. Citoquininas

El descubrimiento de las citocininas se debe en gran medida a los estudios realizados en cultivos in vitro. La zeatina fue la primera citocinina natural identificada y aislada, su nombre se debe a que fue aislada de semillas de maíz (Zea mays). La principal función de las citocininas es estimular la división celular y retrasar la senescencia. En combinación con las auxinas, las citocininas provocan la formación de masas celulares indiferenciadas llamadas callos. Además, al aplicarlas exógenamente, estimulan el desarrollo de las yemas laterales y rompen la dominancia apical (Sifuentes, 2024).

Las citocininas naturales se derivan de la base púrica adenina y todas tienen un sustituyente isoprenoide o aromático. Las citoquininas isoprenoídicas incluyen las familias de la isopenteniladenina (iP), la zeatina (Z) y la dihidrozeatina (DZ), mientras que las citocininas aromáticas contienen las familias de la benciladenina (BA), la ortohidroxibenciladenina y la metahidroxibenciladenina (Valle, 2021).

1.6.2. Los efectos de las citoquininas en la planta

- Promueven la diferenciación celular.
- Estimula la división celular (también auxina).
- Restaura la dominancia apical (permite el crecimiento de yemas laterales).
- Activación de yemas adventicias.
- Inhibición del desarrollo y tamaño del fruto.
- Inducción de partenocarpia (formación de frutos sin fecundación previa) en frutos.

Retrasar la senescencia de las hojas (efecto contrario al etileno) (Portalfruticola, 2020). La aplicación foliar de citoquininas promueve una mayor absorción de nutrientes, lo que resulta en una mayor producción de frutos por planta y un mayor rendimiento final.

1.6.3. Kinetina

Una fitohormona de citoquinina de tipo adenina utilizada en los medios de cultivos como regulador de crecimiento de cultivos de tejidos vegetales como los medios de Murashige y Skoog juntos con las auxinas, además, es utilizada para inducir la formación de callos para regenerar tejidos de plantas a partir de callos. La temperatura de almacenamiento es de -20ºC su apariencia es de color blanco a amarillo claro y su forma en polvo (Ugsha, 2022).

Las concentraciones de citoquininas son altas en las regiones meristemáticas y en áreas de crecimiento continuo, como la zona subapical de la raíz, las hojas jóvenes y los frutos y semillas en desarrollo (Ugsha, 2022).

1.6.4. Bencil amino purina

Las citoquininas de la familia BAP estimulan la división celular, la brotación lateral, inducen

cambios metabólicos, la fructificación y la floración, y previenen la senescencia de las plantas. Son un grupo de hormonas vegetales que promueven la diferenciación y división celular, inician el proceso de formación de órganos y transforman completamente esta hormona en una planta, sin ser artificial. Características de la Bencil amina purina: Induce el crecimiento de capullos en dormancia, estimula el crecimiento y elongación de las células, promueve la germinación y la formación de botones florales, el crecimiento de las frutas, induce la formación de tubérculos y es recomendable hacer una premezcla antes del uso de un fertilizante o plaguicida agrícola (Nogué, 2003).

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

- ✓ $(NH_4)\ NO_3$ 1.650
- ✓ KNO_3 1.900
- ✓ $CaCl_2.2H_2O$ 0.440
- ✓ $MgSO_4.7H_2O$ 0.370
- ✓ KH_2PO_4 0.170
- ✓ $FeSO_4.7H_2O$ 0.0278
- ✓ $Na_2EDTA.\ 2H_2O$ 0.0372
- ✓ $MnSO_4.H_2O$ 0.0169
- ✓ $ZnSO_4.7H_2O$ 0.0086
- ✓ H_3BO_3 0.0062
- ✓ KI 0.00083
- ✓ $Na_2MoO_4.2H_2O$ 0.00025
- ✓ $CuSO_4.5H_2O$ 0.000025
- ✓ $CoCl_2.6H_2O$ 0.000025
- ✓ Mioinositol 0.100
- ✓ Tiamina HCl 0.0001
- ✓ Ácido nicotinico 0.0005
- ✓ Piridoxina HCl 0.0005
- ✓ Glicina 0.002

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

- ✓ $(NH_4)\ NO_3$ 1.650
- ✓ KNO_3 1.900
- ✓ $CaCl_2.2H_2O$ 0.440
- ✓ $MgSO_4.7H_2O$ 0.370
- ✓ KH_2PO_4 0.170
- ✓ $FeSO_4.7H_2O$ 0.0278
- ✓ $Na_2EDTA.\ 2H_2O$ 0.0372
- ✓ $MnSO_4.H_2O$ 0.0169
- ✓ $ZnSO_4.7H_2O$ 0.0086
- ✓ H_3BO_3 0.0062
- ✓ KI 0.00083
- ✓ $Na_2MoO_4.2H_2O$ 0.00025
- ✓ $CuSO_4.5H2O$ 0.000025
- ✓ $CoCl_2.6H_2O$ 0.000025
- ✓ Mioinositol 0.100
- ✓ Tiamina HCl 0.0001
- ✓ Ácido nicotinico 0.0005
- ✓ Piridoxina HCl 0.0005
- ✓ Glicina 0.002

1.6.7. Micronutrientes en mg/l

- ✓ $FeSO_4.7H2O$ 27,8
- ✓ Na_2EDTA 37,3
- ✓ H_3BO_3 6,2
- ✓ $MnSO_4.4H_2O$ 22,3
- ✓ $ZnSO_4.7H_2O$ 8,6
- ✓ $Na_2MoO_4.2H_2O$ 0,25
- ✓ $CuSO_4.5H_2O$ 0,025
- ✓ $CoCl_2.6H_2O$ 0,025
- ✓ KI 0,83

1.6.8. Vitaminas en mg/l

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

1.6.9. Elaboración de soluciones madre del medio de cultivo murashige y skoog

Para la elaboración del medio de cultivo “MS” se hace las siguientes:

- ✓ Stock de macronutrientes
- ✓ Stock de micronutrientes
- ✓ Stock de kelatos de hierro (Fe)
- ✓ Soluciones Stock de vitaminas
- ✓ Soluciones Stock de Reguladores (Damasco, 2013).

IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Materiales

4.1.1. Localización de la investigación

Esta investigación se realizó en:

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

4.1.2. Situación geográfica y climática

Ubicación georeferencial del laboratorio de biotecnología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y del Ambiente de la Universidad Estatal Bolívar.

Altitud	2668 msnm
Latitud	1° 36' 55" S
Longitud	78° 59' 53" O
Temperatura media anual	13.5 °C
Temperatura máxima	23 °C
Temperatura mínima	2°C
Precipitación media anual	980mm
Heliofanía media anual	900 h/l/año
Humedad relativa media anual	70%

Fuente: (PDOT BOLÍVAR, 2022)

4.1.3. Zona de vida

La localidad en estudio de acuerdo a la clasificación de zonas de vida de HOLDRIGE, L (1979), corresponden al bosque seco montano bajo (bs – MB).

4.1.4. Material experimental

- ✓ Explantes de congona (***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav**)
- ✓ Bencil amino purina, Bencil adenina y Kinetina

4.1.5. Materiales de campo

- ✓ Cámara digital
- ✓ Libro de campo
- ✓ Esferos
- ✓ Tijeras de podar
- ✓ Navaja de podar victorino
- ✓ Botas de caucho
- ✓ Jabón líquido

4.1.6. Material de laboratorio

- ✓ Cabina de flujo laminar horizontal
- ✓ Refrigerador domestico
- ✓ Autoclave
- ✓ Vidriería
- ✓ Balanza digital
- ✓ Microondas
- ✓ Agitador magnético
- ✓ Frascos de cristal
- ✓ Agua destilada
- ✓ Papel absorbente

- ✓ Franelas
- ✓ Bandeja de plástico
- ✓ Estante
- ✓ Gorro
- ✓ Mascarilla
- ✓ Guantes
- ✓ Gafas
- ✓ Pinzas
- ✓ Bisturí
- ✓ Mechero de Alcohol 70 °
- ✓ Alcohol de 70 °
- ✓ Libreta
- ✓ Esfero
- ✓ Gel desinfectante
- ✓ Jabón liquido
- ✓ Regla
- ✓ Soluciones nutritivas
- ✓ Stock #1
- ✓ Nitrato de potasio
- ✓ Nitrato de amonio
- ✓ Cloruro de calcio
- ✓ Sulfato de magnesio
- ✓ Fosfato de potasio
- ✓ Stock #2
- ✓ Sulfato de magnesio
- ✓ Sulfato de zinc
- ✓ Yoduro de potasio
- ✓ Molibdato de sodio
- ✓ Stock #3
- ✓ Sulfato ferroso
- ✓ Na EDTA
- ✓ Vitaminas

- ✓ Myoinositol
- ✓ Acido nicotínico
- ✓ Piridoxima
- ✓ Tiamina
- ✓ Reguladores de crecimiento
- ✓ Bencil adenina
- ✓ Kinetina
- ✓ Benzil amino purina
- ✓ Agar agar
- ✓ Azúcar

4.1.7. Material de oficina

- ✓ Disco extraíble
- ✓ Flash memory
- ✓ Hojas de papel bond A4
- ✓ Esfero

4.1.8. Equipos de oficina

- ✓ Computadora
- ✓ Escritorio
- ✓ Impresora

4.2. Métodos

4.2.1. Factores en estudio

Factor A:

Tipos de citoquininas:

- ✓ A_1: Bencil adenina
- ✓ A_2: Kinetina
- ✓ A_3: Benzil amino purina

Factor B:

Dosis de citoquininas:

- ✓ B_1: 0 mg/l (testigo absoluto)
- ✓ B_2: 2 mg/l
- ✓ B_3: 4 mg/l
- ✓ B_4: 6 mg/l

4.2.2. Tratamientos

Para el presente proyecto, se utilizó las siguientes combinaciones de los factores AxB; 12 tratamientos según el detalle:

Tratamientos N°	Código	Detalle
T1	A1B1	Bencil adenina + 0 mg/l (testigo)
T2	A1B2	Bencil adenina + 2 mg/l
T3	A1B3	Bencil adenina + 4 mg/l
T4	A1B4	Bencil adenina + 6 mg/l
T5	A2B1	Kinetina + 0 mg/l (testigo)
T6	A2B2	Kinetina + 2 mg/l
T7	A2B3	Kinetina + 4 mg/l
T8	A2B4	Kinetina + 6 mg/l
T9	A3B1	Benzil amino purina + 0 mg/l (testigo)
T10	A3B2	Benzil amino purina + 2 mg/l
T11	A3B3	Benzil amino purina + 4 mg/l
T12	A3B4	Benzil amino purina + 6 mg/l

4.2.3. Tipo de diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial 3x4x3 repeticiones.

4.2.4. Procedimiento

Localidad	1
Número de tratamientos	12
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	36
Número de ex plantes	144

4.2.5. Tipo de análisis

Análisis de Varianza (ADEVA) según el siguiente detalle:

Fuentes de variación	**Grados de libertad**	**CME***
Factor A: Citoquininas (3-1)	2	$\int^2 \boldsymbol{e} + 15\ \theta^2$ FA
Factor B: Dosis de Citoquininas (4-1)	3	$\int^2 \boldsymbol{e} + 9\ \theta^2$ FB
FA x FB: (A-1) (B-1)	6	$\int^2 \boldsymbol{e} + 3\ \theta^2$ FA x FB
Error Experimental t (r-1)	24	$\int^2$ e
Total (t x r) – 1	35	

*Cuadrados medios esperados modelo fijo tratamientos seleccionados por las investigadoras.

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

4.3. Métodos de evaluación y datos tomados

4.3.1. Días a la brotación en la unidad experimental (DBUE)

Los días a la brotación se tomaron en el área de incubación por observación directa a los 30, 60 y 90 días en sus respectivos medios de proliferación, se consideró un brote al presentar dos hojas desarrolladas.

4.3.2. Número de brotes por explante (NBE)

El número de brotes por explante se tomó en el área de incubación por observación directa a partir de los 30, 60 y 90 días del último subcultivo a sus respectivos medios de proliferación, se consideró un brote al presentar estas al menos dos hojas desarrolladas.

4.3.3. Número de hojas por brote (NHB)

La variable número de hojas por brote se tomó en el área de incubación por observación directa en el frasco de cristal a los 30, 60, y 90 días del subcultivo a sus respectivos medios de proliferación, se consideró hojas desarrolladas todas menos la primera y la última, la cual estuviera en desarrollo.

4.3.4. Altura de brotes (AB)

En altura de brotes se tomó en el área de incubación con la ayuda de una regla por la parte exterior del frasco de cristal desde la parte de la corona de la base del brote hasta su ápice a los 30, 60 y 90 días del subcultivo a sus respectivos medios de proliferación.

4.3.5. Taza de velocidad de multiplicación (TVM)

Está expresada la relación entre el número de brotes obtenidos al final del ciclo de multiplicación sobre el tiempo de duración del ciclo. Evaluado a los a los 30, 60 y 90 días

Este parámetro se analizará con la siguiente fórmula:

$$TVM = \frac{N° \ de \ brotes}{Tiempo \ (dias)}$$

4.3.6. Número de frascos contaminados (NFC)

El número de frascos contaminados se expresó en porcentaje, se evaluó por observación directa la presencia de agentes patógenos causados por hongos durante los 30, 45 y 60 días que es el tiempo que transcurrió desde la siembra de los brotes. Considerando que un frasco de cristal está contaminado cuando en el medio de cultivo se observa la presencia de esporas blanquecinas o grises, las cuales con el transcurso del tiempo se diseminan formando una estructura algodonosa.

4.4. Manejo del experimento

4.4.1. Selección de las plantas

Se obtuvo los brotes de las plantas de congona provenientes del cantón Chillanes, provincia Bolívar, las cuales entraron en un proceso de ambientación en el invernadero de biotecnología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente de la "UEB", con la finalidad de eliminar enfermedades en el caso que se presentaran se aplicaría Carbendazim de 2.5 g/l.

4.4.2. Obtención de brotes

Cuando existió la presencia de brotes en las plantas se extrajo de las siguientes características (basales, medios o terminales) los mismos que fueron recolectados de una longitud aproximada de 1 a 2,5 cm.

4.4.3. Desinfección del material en el laboratorio

Para la desinfección de los brotes se procedió a lavarlos con agua destilada y jabón líquido durante 20 min, luego se realizó enjuagues consecutivos para eliminar los residuos del jabón. Posteriormente en la cámara de flujo laminar se desinfectó los brotes con alcohol al 50% durante 2 min, de igual manera se utilizará hipoclorito de sodio (NaClO) al 60% durante 10 min, finalmente se eliminó los residuos del

desinfectante con agua destilada esterilizada, luego de este proceso de desinfección se colocó los explantes en el medio de cultivo previamente preparado.

4.4.4. Preparación del medio de cultivo

En el laboratorio se procedió a la preparación del medio de cultivo según Murashige y Skoog, el mismo que fue de proliferación, a fin de estimular el desarrollo de los brotes en cada explante, en el que se añadió macronutrientes, micronutrientes, vitaminas, agar y reguladores de crecimiento Kinetina, Bencil adenina y Benzil amino purina en tres concentraciones 0mg/l, 2mg/l, 4mg/l y 6mg/l respectivamente con un pH de 5.6 - 5.7.

SOLUCIONES CONCENTRADAS		**MEDIO DE CULTIVO O PROLIFERACIÓN Dosis en 1l**
STOCK #1	**1000ml**	100ml
Nitrato de potasio	19 g	
Nitrato de amonio	16,5 g	
Cloruro de calcio	4,4 g	
Sulfato de magnesio	3,7 g	
Fosfato de potasio	1,7 g	
STOCK #2	**500ml**	10ml
Sulfato de magnesio	84.5 mg	
Sulfato de zinc	43,5 mg	
Ácido bórico	31 mg	
Yoduro de potasio	4,15 mg	
Molibdato de sodio	1,5 mg	
STOCK #3	**100ml**	10ml
Sulfato ferroso	378,0 mg	
Na EDTA	372,0 mg	
VITAMINAS	**100ml**	10ml
Myoinositol	1,0 g	
Acido nicotínico	50,0 mg	
Piridoxima	50,0 mg	
Tiamina	4,0 mg	
Agar agar		9g
Azúcar		30g

Para su preparación se realizó el siguiente procedimiento:

- ✓ En un vaso de precipitación se colocó 1000ml agua destilada una tercera parte del volumen final a preparar.
- ✓ Se procedió a pesar 30g de azúcar, 9g de agar, en estado sólido.
- ✓ El azúcar se añadió al momento de preparar la solución y el agar se colocó en el medio cuando este estuvo a 80ºC después de introducirlo al microondas.
- ✓ El azúcar se añadió al momento de preparar la solución y el agar se colocó en el medio cuando este estuvo a 80ºC después de introducirlo al microondas.
- ✓ Seguido se añadió el stock #1, stock #2, stock #3, vitaminas y reguladores de crecimiento (Citoquininas), previamente preparados en tres concentraciones 2mg/l, 4mg/l, y 6mg/l para distribuir en cada medio de proliferación.

4.4.5. Esterilización del medio de cultivo

Se procedió a la distribución del medio de cultivo a los frascos de vidrio, 60cc aproximadamente en cada uno los cuales pasaron a un proceso de esterilización en la autoclave a 121ºC durante 20 min. Seguidamente se sacaron los frascos de la autoclave en una bandeja metálica y se lo dejó enfriar durante 24h en el área de transferencia.

4.4.6. Introducción al medio de cultivo

Se colocó los brotes en un medio de proliferación para su desarrollo, trasladándolos a un lugar aséptico e iluminado con luz artificial “área de incubación” para estimular sus procesos metabólicos normales.

4.4.7. Transferencia del material vegetal

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

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Días a la brotación en la unidad experimental a los 30 días (DBUE)

A continuación, se presentan los resultados del análisis estadístico correspondiente a la variable Días a la brotación en la unidad experimental a los 30 días (DBUE). La variable en evaluación permitió conocer el tiempo promedio requerido por la aparición de los primeros brotes en los explantes de Congona, cultivados in vitro bajo tres efectos de tres tipos de citoquininas en diferentes concentraciones. En la Cuadro 1 se presenta el coeficiente de determinación y se destaca las diferencias significativas entre tratamientos, evidenciando su efecto sobre los días requeridos para iniciar la brotación.

Cuadro 1

Resultados de coeficiente de determinación en la variable DBUE a los 30 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
DBUE	48	0,79	0,70	29,71	DBUE 30

Los resultados estadísticos obtenidos para la variable Días a la Brotación en la Unidad Experimental (DBUE) a los 30 días indican que los tratamientos aplicados dan un porcentaje del 79% de la variabilidad observada, lo cual demuestra una fuerte relación entre el tipo y la dosis de citoquinina empleada y el tiempo requerido para la brotación de los explantes. El coeficiente de determinación ajustado (0,70) refuerza esta relación, sugiriendo que el modelo es adecuado para interpretar el comportamiento de la variable en estudio. El coeficiente de variación es de (29,71%) lo cual señala una dispersión moderada de los datos con respecto al promedio, lo cual es aceptable dentro de los ensayos de este tipo.

Cuadro 2

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable DBUE a los 30 días

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
TRAT	4851,56	11	441,05	10,74	<0,0001

El análisis de varianza (ADEVA) realizado para la variable DBUE) muestra un valor de p < 0,0001, lo que indica diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. El estadístico F obtenido con un valor de (10,74) respalda esta conclusión, al superar ampliamente el valor crítico esperado. Esto significa que al menos uno de los tratamientos con citoquininas, en sus respectivas dosis, tuvo un efecto significativo sobre el tiempo de brotación de los explantes de Congona, confirmando que la aplicación de estos reguladores de crecimiento influye de manera directa en la respuesta de la variable.

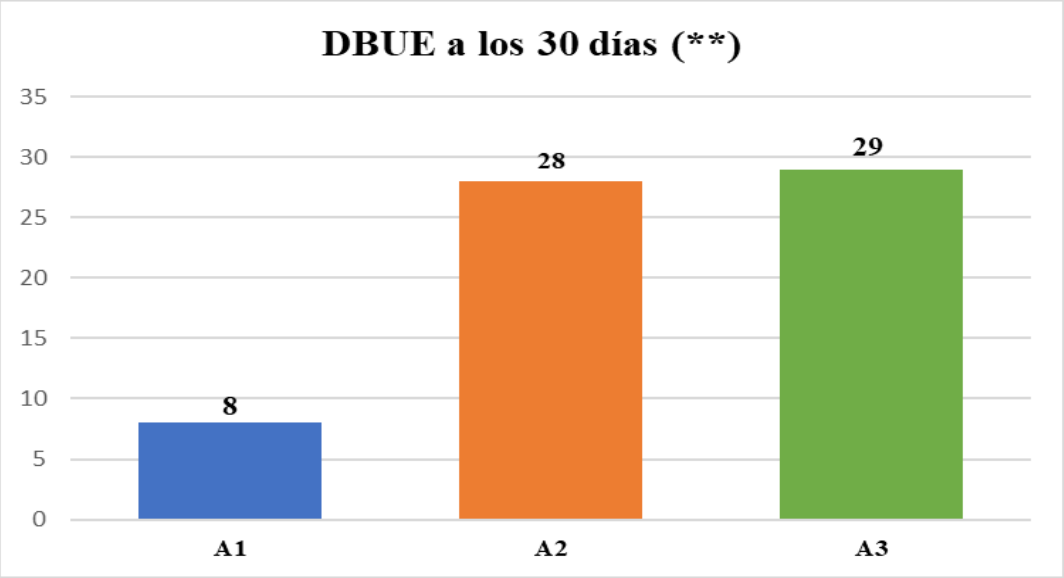
Cuadro 3

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable DBUE a los 30 días

FA	Medias	R
3	28.59	A
2	27.66	A
1	8.44	B

Gráfico 1

Promedios de la variable DBUE para el factor A a los 30 días



De acuerdo a los resultados obtenidos en la variable días a la brotación en la unidad experimental evaluado a los 30 días; se observa que el Factor A3 (Benzil amino purina) tiene la media más alta con un valor de 28 días, seguido de cerca por el Factor A2 (Kinetina) con una media de 27 días, mientras que el Factor A1 (Bencil adenina) tiene la menor media de 8 días. Esto sugiere que, a los 30 días del cultivo, la Benzil amino purina parece tener un efecto ligeramente más positivo en la brotación en comparación con las otras dos citoquininas, esto se debe a que la función principal de la Benzil amino purina es acelerar el crecimiento, la división celular y la generación de nuevos brotes.

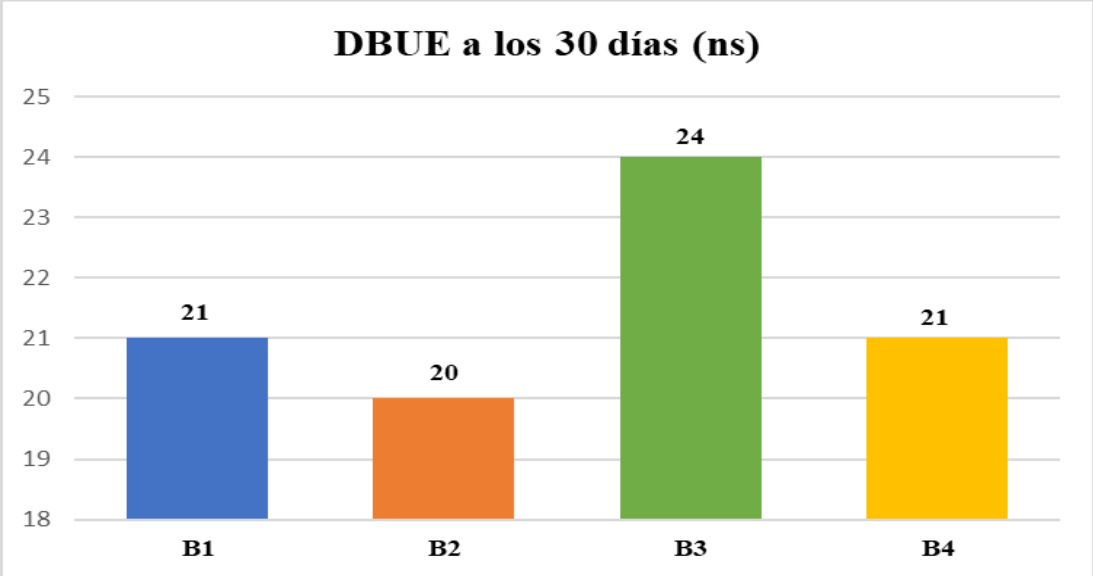
Cuadro 4

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable DBUE a los 30 días

FB	Medias	R
3	24.38	A
1	21.25	A
4	20.63	A
2	20.00	A

Gráfico 2

Promedios de la variable DBUE para el factor B a los 30 días



En la variable días a la brotación en la unidad experimental, para el factor B, a los 30 días, los factores B1, B2 y B4 (21, 20 y 21 días respectivamente) tienen valores muy similares, mientras que B3 muestra el valor más alto con 24 días. Esto sugiere que la dosis de 4 mg/l (B3) es la dosis más adecuada en cuanto se refiere a la variable DBUE según los resultados obtenidos en esta investigación.

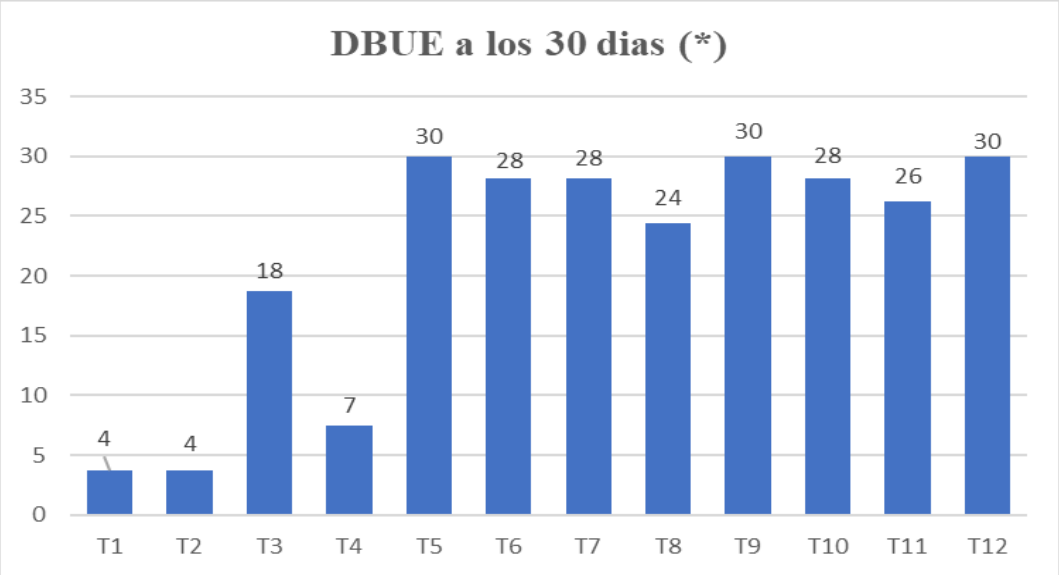
Cuadro 5

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la DBUE a los 30 días

TRA	Medias	R	
1	3.75	A	
2	3.75	A	
4	7.50	A	
3	18.75	A	
8	24.38		B
11	26.25		B
6	28.13		B
7	28.13		B
10	28.13		B
9	30.00		B
5	30.00		B
12	30.00		B

Gráfico 3

Promedios de la variable días a la brotación en la unidad experimental a los 30 días en la interacción AxB.



En la combinación de factores AXB en la variable días a la brotación en la unidad experimental a los 30 días, los tratamientos T9 (Benzil amino purina + 0 mg/l), T5 (Kinetina + 0 mg/l) y T12 (Benzil amino purina + 6 mg/l) muestran los promedios más altos (30 días), debido a que la kinetina cuya función está relacionada a la división celular no dependió de las dosis para mostrar buenos resultados, en cambio la bencil amino purina también relacionada al regulamiento del crecimiento al aumentar su dosis de 0mg/l a 6mg/l mostró un mejor resultado. Por otro lado, los tratamientos T1 (Bencil adenina + 0 mg/l) y T2 (Bencil adenina + 2 mg/l) (4 días cada uno) tienen los promedios más bajos debido a que esta citoquinina si estaría relacionada a la dosis, a pesar de aumentar su dosis de 0mg/l a 2mg/l no hubo mayor incremento.

5.2. Días a la brotación en la unidad experimental a los 60 días (DBUE)

A continuación, se presentan los resultados que corresponden a la variable días a la brotación en la unidad experimental a los 60 días. Los resultados obtenidos son claves para determinar la eficiencia de los tratamientos al utilizar citoquininas a mediano plazo, y se señala en los análisis estadísticos que se muestran a continuación.

Cuadro 6

Resultados de coeficiente de determinación en la variable DBUE a los 60 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
DBUE	48	0.13	0.03	9.69	DBUE 60

Los resultados obtenidos para la variable DBUE 60 indican que los tratamientos explican el 13% de la variabilidad en los datos registrados. Aunque este valor representa una relación moderada entre los tratamientos y la variable evaluada, el coeficiente de determinación ajustado (0,03) sugiere que otros factores no considerados en el modelo también podrían estar influyendo en los resultados. No obstante, el coeficiente de variación (9,69%) muestra una baja dispersión de los datos con respecto al promedio, lo cual indica buena precisión experimental y consistencia en las mediciones realizadas en esta etapa del cultivo in vitro.

Cuadro 7

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable DBUE a los 60 días

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	196.88	11	39.38	1.27	0,2952

En el análisis estadístico se evidencia un valor de p-valor 0,2952 lo que hace relación a que no existen diferencias significativas al 5% entre los tratamientos evaluados. El valor de F (1,27) lo que permite afirmar que no alcanza un umbral

crítico que afirme que los tratamientos hormonales utilizados influyeron de manera determinante en el tiempo de brotación de los explantes.

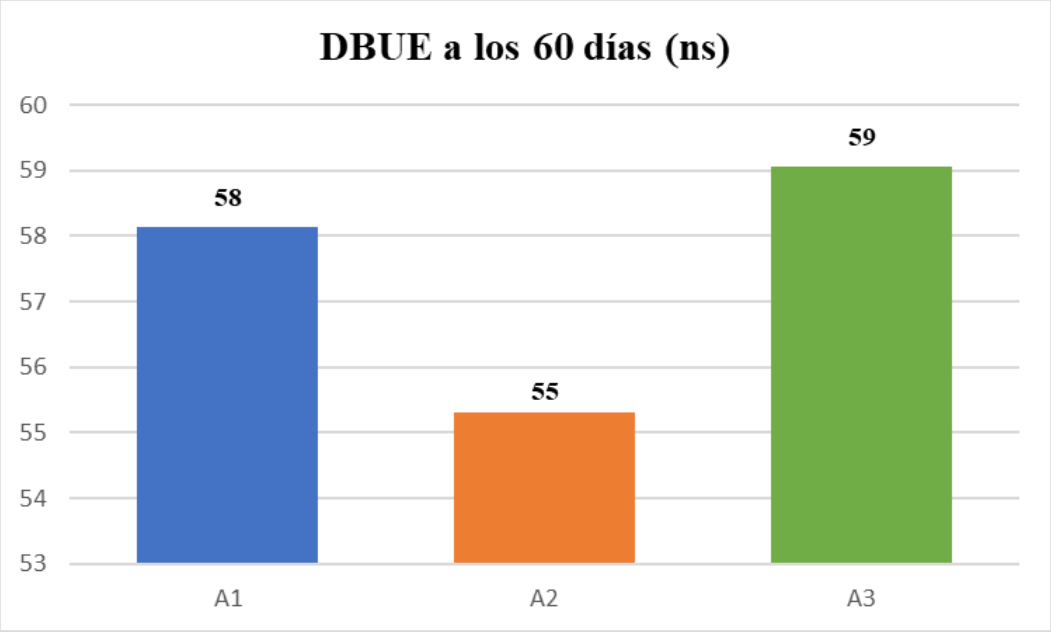
Cuadro 8

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable DBUE a los 60 días

FA	Medias	R
3	59.06	A
1	58.13	A
2	55.31	A

Gráfico 4

Promedios de la variable DBUE para el factor A a los 60 días



A los 60 días de evaluación, el Factor A3 (Benzil amino purina) sigue teniendo la mayor media de 59 días, mientras que el Factor A1 (Bencil adenina) aumenta significativamente su media a 58 días, superando al Factor A2 (Kinetina) con una media de 55 días. Esto sugiere que, al aumentar los días de evaluación (60 días), tanto la Benzil amino purina como la Bencil adenina comenzaron a tener un efecto más positivo debido a que su transporte por los tejidos es más rápido en esta etapa en comparación con la Kinetina que al aumentar los días de evaluación presento una disminución en sus resultados.

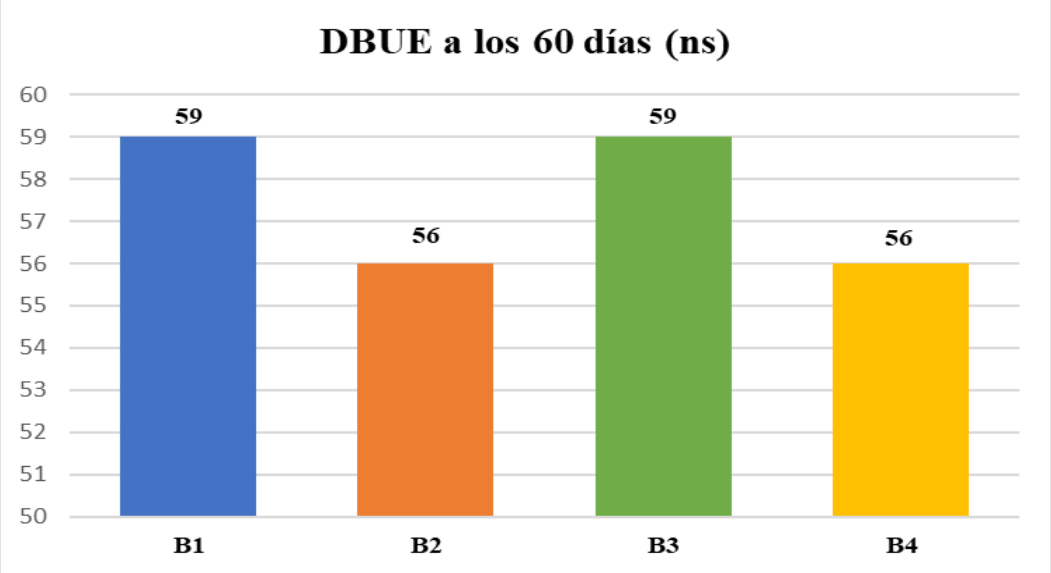
Cuadro 9

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable DBUE a los 60 días

FB	Medias	R
1	58.75	A
3	58.75	A
4	56.25	A
2	56.25	A

Gráfico 5

Promedios de la variable DBUE para el factor B a los 60 días



En la segunda evaluación realizada a los 60 días, todos los factores tienen valores muy similares con 59, 56, 57 y 56 días a la brotación respectivamente. No se presentan diferencias estadísticamente significativas, lo que indica que el factor evaluado no modificó el tiempo requerido para que los explantes iniciaran la brotación a los 60 días de evaluación.

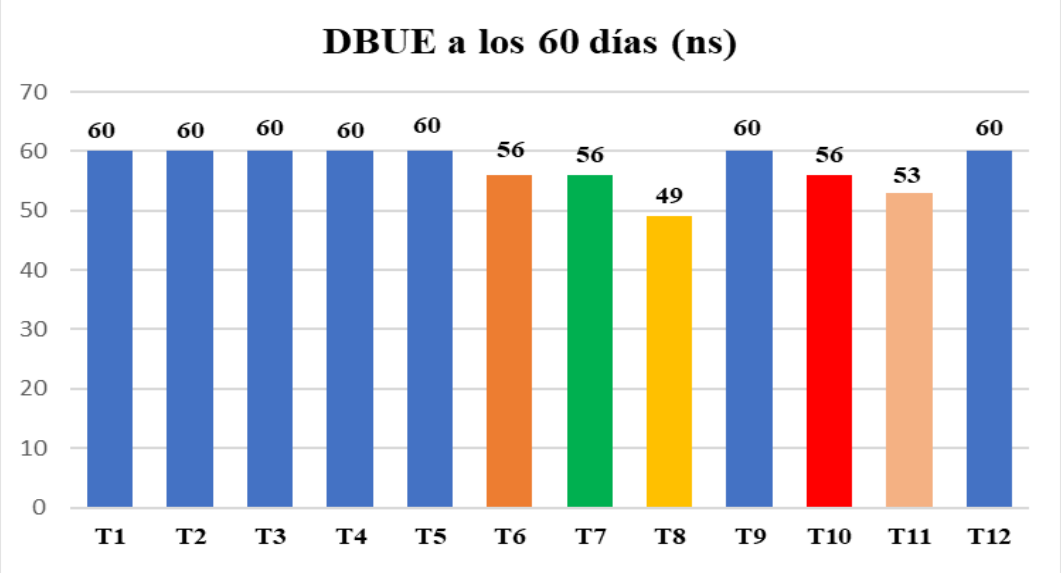
Cuadro 10

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la DBUE a los 60 días

TRA	Medias	R
8	48.75	A
11	52.50	A
7	56.25	A
6	56.25	A
10	56.25	A
5	60.00	A
9	60.00	A
1	60.00	A
12	60.00	A
2	60.00	A
3	60.00	A
4	60.00	A

Gráfico 6

Promedios de la variable días a la brotación en la unidad experimental a los 60 días en la interacción AxB.



A los 60 días, varios tratamientos, incluidos T1, T2, T3, T4, T5, T9, y T12, presentaron los valores más altos (con 60 días), mientras que el tratamiento T8 (Kinetina + 6 mg/l) mostró el promedio más bajo (49 días). Esto sugiere que la combinación de Bencil adenina y Benzil amino purina incluso con distintas dosis continúa siendo efectiva para la multiplicación de brotes a mediano plazo. No obstante, la dosis más alta de Kinetina utilizada en el tratamiento T8 evidenció un efecto inhibitorio.

Los resultados pueden atribuirse a una convergencia en la respuesta fisiológica de los explantes con el transcurso del tiempo. Es posible que, al extenderse el periodo de evaluación, los explantes hayan tenido tiempo suficiente para compensar las diferencias iniciales provocadas por las citoquininas y la dosis por tratamiento, logrando una brotación más uniforme. Asimismo, factores como la uniformidad en las condiciones del cultivo, la estabilidad de los explantes y la saturación del efecto hormonal a largo plazo podrían haber contribuido a disminuir el impacto diferencial de los tratamientos en esta fase del ensayo.

5.3. Días a la brotación en la unidad experimental a los 90 días (DBUE)

A continuación, se presenta los resultados que corresponden a la variable DBUE a los 90 días de evaluación. Los tratamientos hormonales aplicados mantienen su efecto en la inducción de brotación o si se produce una homogenización en las respuestas fisiológicas de los explantes.

Cuadro 11

Resultados de coeficiente de determinación en la variable DBUE a los 90 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
DBUE	48	0.14	0.04	9.06	DBUE 90

Los resultados obtenidos para la variable días a la brotación en la unidad experimental a los 90 días, mencionan que los tratamientos explican el 14% de la variabilidad total, lo que hace referencia una moderada influencia de los mismos sobre el tiempo de brotación a largo plazo. El coeficiente de determinación ajustado (0.04), significativamente bajo, indica que otros factores no considerados en el

modelo podrían estar interviniendo en la respuesta de los explantes a los 90 días de evaluación. Sin embargo, el CV (9.06) menciona que existe una baja dispersión entre los datos respecto al promedio, lo cual refleja una buena precisión experimental y confiabilidad en las mediciones realizadas a los 90 días.

Cuadro 12

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable DBUE a los 90 días

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	1128,52	11	102,59	2,10	0,0495

El análisis de varianza realizado en la variable DBUE a los 90 días de evaluación muestra un p-valor de 0.0495 lo cual menciona diferencia significativa entre tratamientos. El F (2.10) revela esta variable tiene una variabilidad.

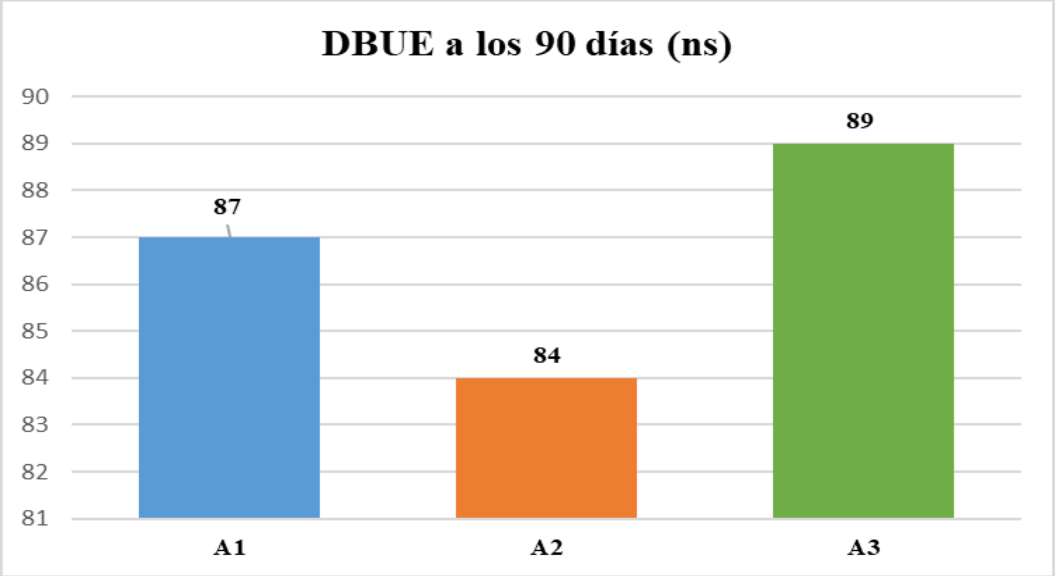
Cuadro 13

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable DBUE a los 90 días

FA	Medias	R
3	88.59	A
1	87.19	A
2	84.38	A

Gráfico 7

Promedios de la variable DBUE para el factor A a los 90 días



A los 90 días de evaluación, en este punto, el patrón observado se mantiene: el Factor A3 (Benzil amino purina) presenta la media más alta de 89, seguido de cerca por el Factor A2 (Kinetina) con una media de 84. Por su parte el Factor A1 (Bencil adenina) muestra la media más baja de 87. Estos resultados indican que, a los 90 días, el Benzil amino purina continúa siendo la más efectiva en la variable evaluada, seguida por la Kinetina, mientras que la Bencil adenina sigue siendo la menos efectiva.

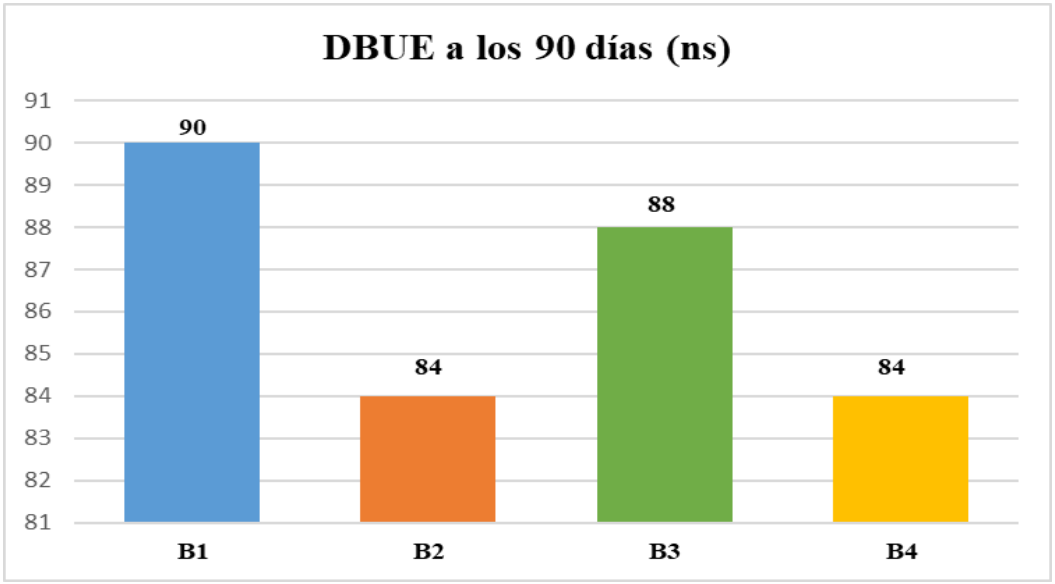
Cuadro 14

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable DBUE a los 90 días

FB	Medias	R
1	90.00	A
3	88.13	A
4	84.48	A
2	84.38	A

Gráfico 8

Promedios de la variable DBUE para el factor B a los 90 días



A los 90 días, nuevamente, todos los factores muestran valores de DBUE relativamente similares. La dosis de 4 mg/l (B3) y 6 mg/l (B4) presentan tiempos de brotación cercanos (con 88 y 84 días respectivamente). Esto sugiere que las tres citoquininas utilizadas regulan el crecimiento de los explantes aunque la respuesta parece estar influenciada por el tiempo del cultivo. Es posible que es cultivo avanza, los explantes logren asimilar mejor las citoquininas, reduciendo así las diferencias entre tratamientos

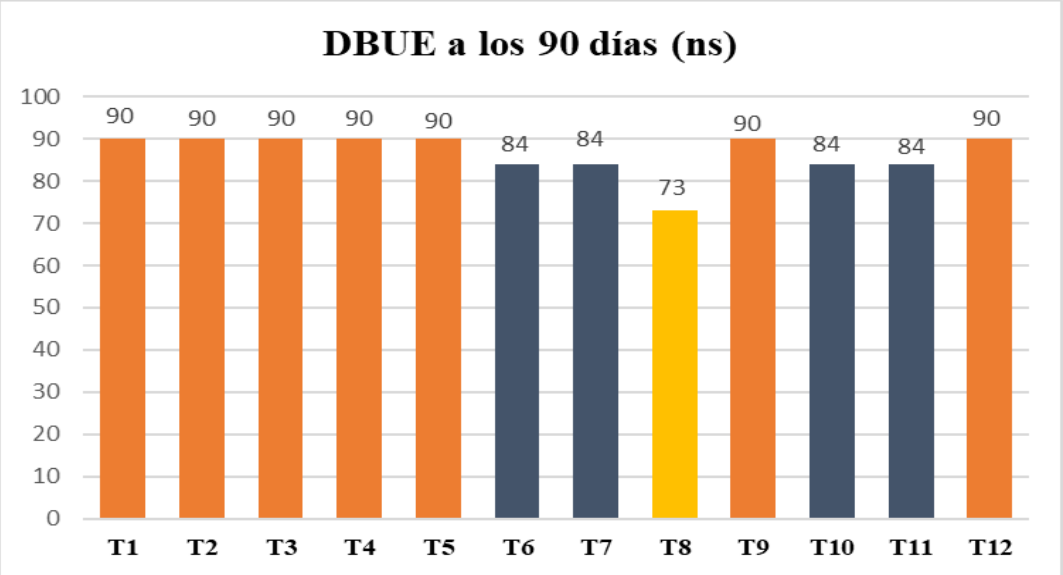
Cuadro 15

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la DBUE a los 90 días

TRA	Medias	R
8	73.13	A
7	84.38	A
6	84.38	A
11	84.38	A
10	84.38	A
5	90.00	A
9	90.00	A
1	90.00	A
12	90.00	A
2	90.00	A
3	90.00	A
4	90.00	A

Gráfico 9

Promedios de la variable días a la brotación en la unidad experimental a los 90 días en la interacción AxB.



A los 90 días, los tratamientos T5, T9, T1, T12, T2, T3, y T4 continúan mostrando los valores más altos (90 días), mientras que el tratamiento T8 mantiene el promedio más bajo con 73 días. Esto sugiere que la dosis más alta de Kinetina puede tener un efecto negativo sobre la multiplicación a largo plazo.

La ausencia de diferencias significativas entre tratamientos a los 90 días puede atribuirse a que las condiciones del laboratorio para el cultivo in vitro se mantuvieron constantes permitiendo que los explantes ajustaran sus procesos fisiológicos independientemente del tratamiento inicial. Es posible que las citoquininas hayan ejercido un efecto más marcado en las fases tempranas, pero con que el tiempo se haya producido una compensación en el desarrollo.

La influencia del tipo de citoquinina reducía, favoreciendo una respuesta uniforme de los explantes. El tiempo prolongado tiende a nivelar las diferencias inducidas inicialmente por los reguladores de crecimiento (Roldán, 2025).

5.4. Número de brotes por explante a los 30 días (NBE)

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a la variable NBE evaluado a los 30 días, se evaluó la capacidad inicial de multiplicación de los explantes bajo diferentes combinaciones de citoquininas y concentraciones

Cuadro 16

Resultados de coeficiente de determinación en la variable NBE a los 30 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
NBE	48	0.81	0.73	24.16	NBE 30

Los resultados muestran que los tratamientos evaluados explican el 81% de la variabilidad observada en el NBE a los 30 días lo que indica mayor influencia de los tratamientos en esta variable. El coeficiente de determinación ajustado (0.73) indica que el modelo experimental aplicado fue el correcto. No obstante, el CV (24.16) no muestra una alta dispersión relativa de los datos obtenidos, lo que podría deberse a diferencias en la respuesta fisiológica de los explantes frente a las combinaciones de citoquininas.

Cuadro 17

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NBE a los 30 días

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	640.68	11	58.24	11.06	<0,0001

El análisis de varianza (ADEVA) realizado en la variable NBE evaluado a los 30 días revela un p-valor inferior a 0.0001 lo que hace mención que existe diferencia altamente significativa entre tratamientos. El F (11.06) confirma que existe una notable variación en el número de brotes generados según el tipo y concentración de fitohormona aplicada.

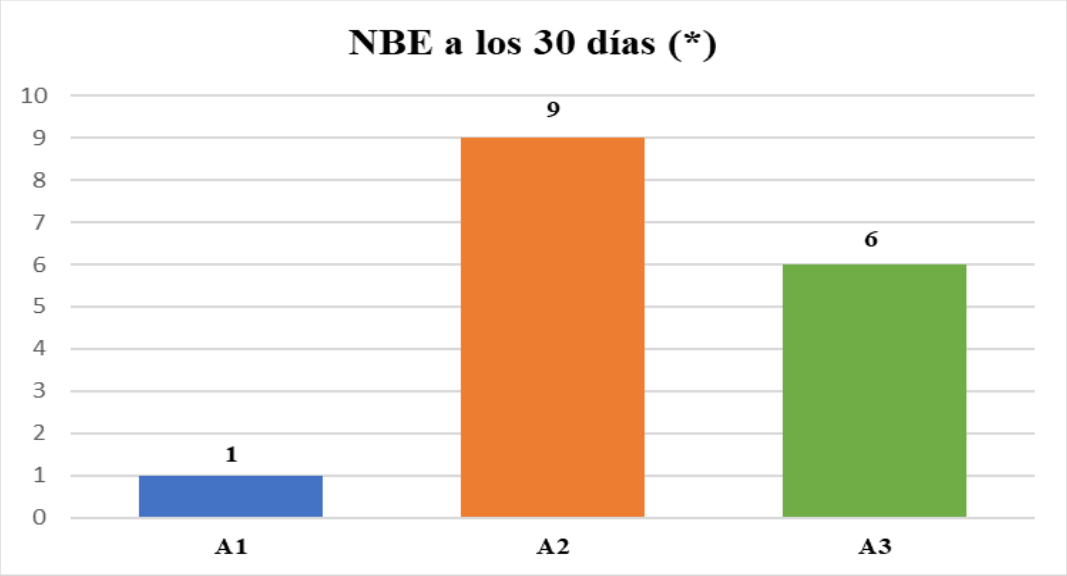
Cuadro 18

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NBE a los 30 días

FA	Medias	R
2	8.50	A
3	5.80	B
1	1.30	C

Gráfico 10

Promedios de la variable NBE para el factor A a los 30 días



Al analizar la variable número de brotes por explantes en el factor A, a los 30 días el Factor A2 (Kinetina) muestra la mayor cantidad con una media de 9 brotes, seguido por el Factor A3 (Benzil amino purina) con 6, y el Factor A1 (Bencil adenina) tiene la menor cantidad de brotes por explante con 1. Esto indica que la Kinetina (A2) tiene un efecto más positivo en la formación de brotes en este punto debido a que es muy efectiva en la inducción de brotes en etapas tempranas, seguida por el Benzil amino purina (A3), mientras que la Bencil adenina (A1) muestra el rendimiento más bajo, lo que puede estar relacionado a su menor estabilidad o eficiencias en los cultivos.

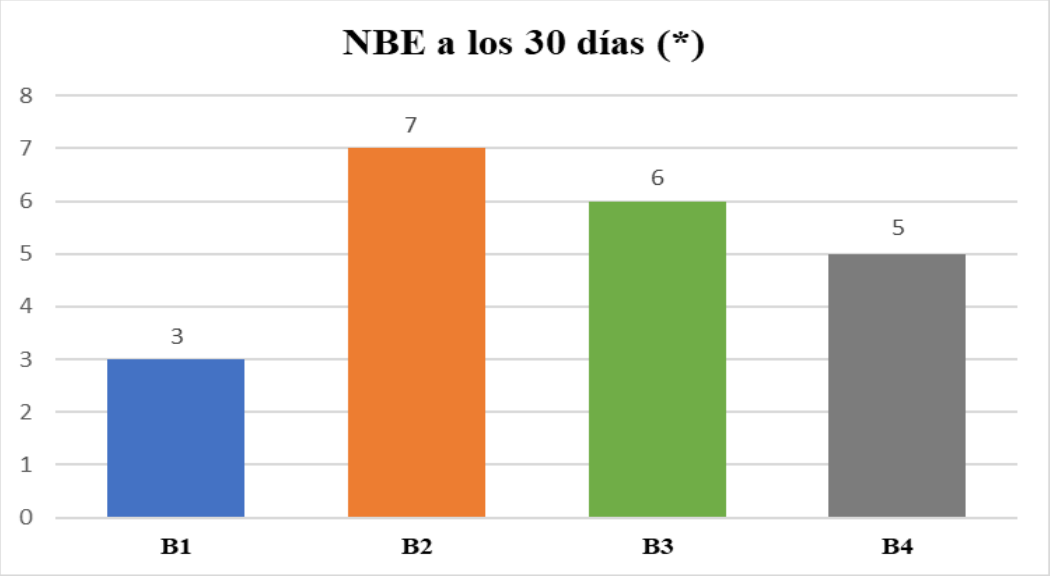
Cuadro 19

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NBE a los 30 días

FB	Medias	R
2	7.17	A
3	5.96	A
4	5.13	A
1	2.54	B

Gráfico 11

Promedios de la variable NBE para el factor B a los 30 días



De acuerdo a los datos proporcionados de número de brotes por explantes evaluado a los 30 días, se observa un aumento gradual en el número de brotes por explantes (NBE) a medida que se aumenta la dosis de citoquinina B2 (2 mg/l) y B3 (4 mg/l) muestra el mayor número de brotes con 7, seguido de B4 (6 mg/l) con 5 mientras que el menor promedio se dio en B1 (0 mg/l); siendo este el testigo absoluto. Esto indica que, a los 30 días, una mayor dosis de citoquinina tiene un efecto positivo en la formación de brotes.

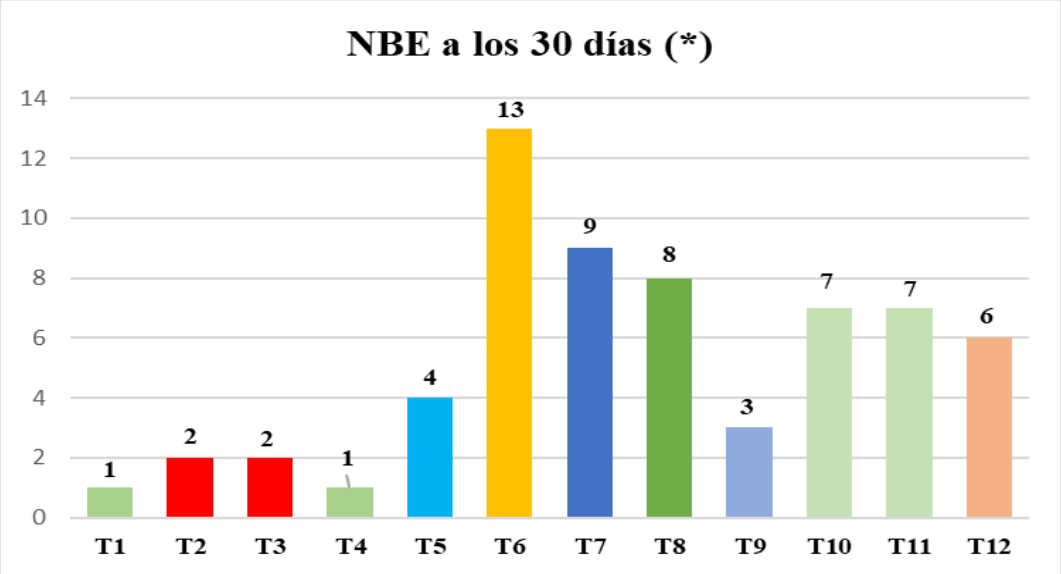
Cuadro 20

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la NBE a los 30 días

TRA	Medias	R
1	0.63	A
4	1.00	A
2	1.50	A B
3	2.06	A B C
9	2.81	A B C D
5	4.19	A B C D E
12	6.31	A B C D E
10	6.81	B C D E
11	7.25	C D E
8	8.06	D E F
7	8.56	E F
6	13.19	F

Gráfico 12

Promedios de la variable días a la brotación en la unidad experimental a los 30 días en la interacción AxB.



En el análisis de los resultados del número de brotes por explante (NBE) A los 30 días, se observa que el tratamiento T6 (Kinetina + 2 mg/l) lidera con un notable valor de 13 de brotes. Esto sugiere que la kinetina a una dosis de 2 mg/l tiene un

impacto significativamente positivo en el desarrollo inicial de brotes. En contraste, el T1 (Bencil adenina + 0 mg/l) y T4 (Bencil adenina + 6 mg/l) muestra el valor más bajo con 1 brote, indicando que una alta dosis de Bencil adenina puede tener un efecto inhibitorio a corto plazo.

La superioridad del T6 se encuentra relacionado con una combinación más eficaz de citoquinina en una dosis óptima para la estimular la multiplicación celular y la activación de yemas axilares. Las citoquininas como la BAP o Kinetina en concentraciones apropiadas, promueven la organogénesis y el desarrollo de brotes laterales, efecto que se manifiestan en los altos valores registrados. Los tratamientos con menor respuesta usaron concentraciones insuficientes o tipos de citoquininas menos eficaces en la especie ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav**, lo que limito la estimulación de brotación.

5.5. Número de brotes por explante a los 60 días (NBE)

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a NBE, el análisis estadístico permite determinar si existieron diferencias significativas entre las combinaciones de tipo y dosis de citoquininas utilizadas, refllejando su efecto acumulativo sobre la multiplicación de brotes a lo largo del tiempo.

Cuadro 21

Resultados de coeficiente de determinación en la variable NBE a los 60 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
NBE	48	0.70	0.57	37.69	NBE 60

Los tratamientos evalaudos explican el 70% de la variabilidad total observada en la variable NBE evaluada a los 60 días, lo que hace referencia una buena capacidad explicativa del modelo experimental usado. El coeficiente de determinación ajustado (37.69) lo cual, aunque elevado, es aceptado en estudios de propagación in vitro a causa de variabilidad fisiológica natural de los explantes.

Cuadro 22

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NBE a los 60 días

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	470,01	11	42,73	4,66	0,0003

El análisis de varianza mostro un p-valor (0.0003) que indica diferencias altamente significativas. El valor de F (4.66) confirma que las distintas afirmaciones de citoquininas y sus concentraciones influyeron significativamente en el número de brotes por explante a los 60 días.

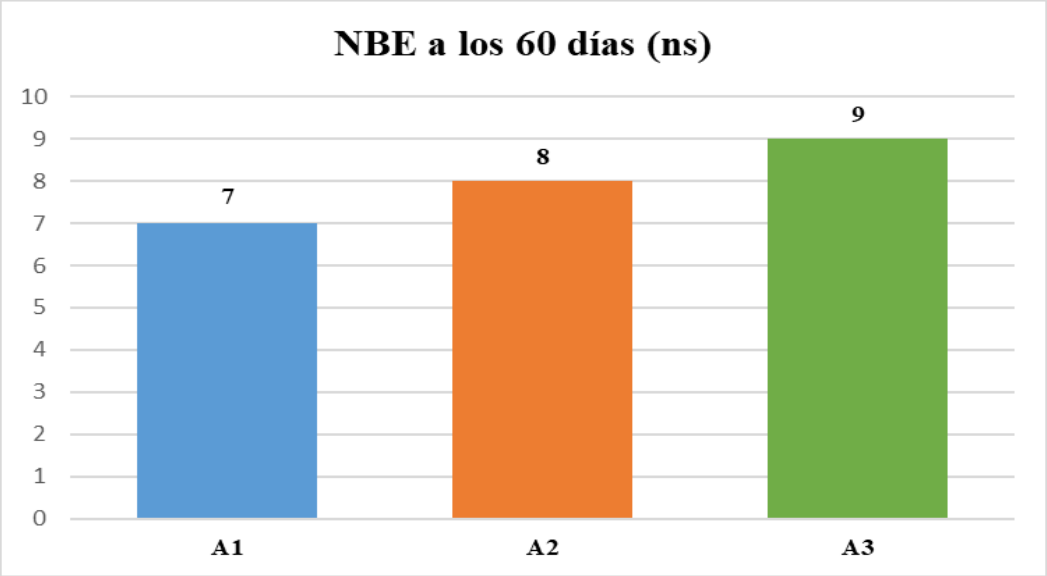
Cuadro 23

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NBE a los 60 días

FA	Medias	R
3	8.91	A
2	7.81	A
1	7.39	A

Gráfico 13

Promedios de la variable NBE para el factor A a los 60 días



A los 60 días, el patrón se mantiene similar, con el Factor A3 (Benzil amino purina) mostrando el mayor número de brotes por explante, con 9, seguido por el Factor A2 (Kinetina) con 8, y el Factor A1 (Bencil adenina) tiene 7. Esto sugiere que, a los 60 días, la Benzil amino purina (A3) tiene un efecto más positivo en la formación de brotes, seguido de cerca por la Kinetina (A2), y Bencil adenina (A1) está en el medio.

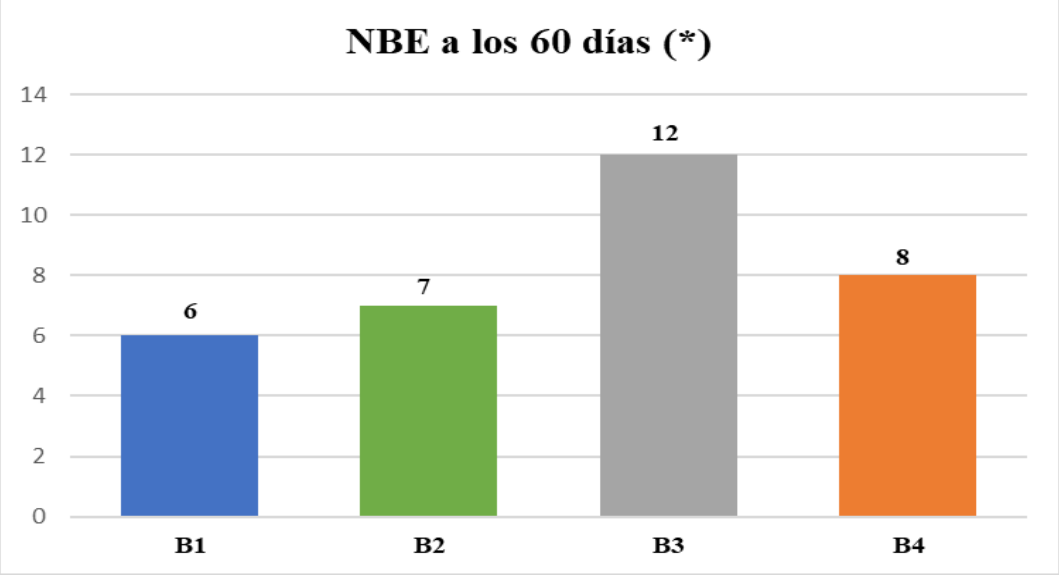
Cuadro 24

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NBE a los 60 días

FB	Medias	R
3	11.67	A
4	7.60	AB
2	7.02	B
1	5.85	B

Gráfico 14

Promedios de la variable NBE para el factor B a los 60 días



A los 60 días, se mantiene el patrón de aumento en el NBE con la dosis de citoquinina. B3 (4 mg/l) muestra el mayor número de brotes con 12, seguido por B4 (6 mg/l) con 8 y B2 (2 mg/l) con 7 B1 (0 mg/l) tiene el menor NBE con 6.

Nuevamente, esto indica que una mayor dosis de citoquinina tiene un efecto positivo en la formación de brotes.

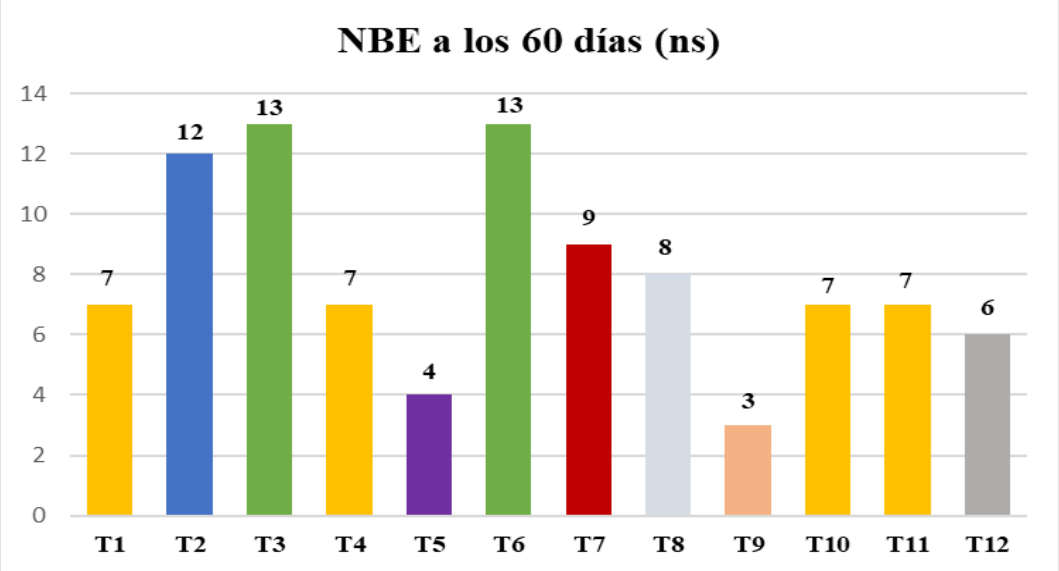
Cuadro 25

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la NBE a los 60 días

TRA	Medias	R
9	2.81	A
5	4.19	A
12	6.31	A B
10	6.81	A B
1	6.88	A B
11	7.25	A B
4	7.31	A B
8	8.06	A B
7	8.56	A B
2	11.75	A B
6	13.19	A B
3	13.31	A B

Gráfico 15

Promedios de la variable número de brotes por explante a los 60 días en la interacción AxB.



Al llegar a los 60 días, los resultados revelan que el tratamiento T3 (Bencil adenina + 4 mg/l) y T6 (Kinetina + 2 mg/l) destacan con el valor más alto de 13, indicando que estas combinaciones específicas estimulan la multiplicación en esta etapa. Por otro lado, el tratamiento T9 (Benzil amino purina + 0 mg/l) presenta el valor más bajo, debido a que no se aplicó ninguna dosis (testigo).

Loa mayor producción de brotes se observa en los tratamientos como el 3, 6 y 2 lo que se debe a que las citoquininas aplicadas continúan estimulando la organogénesis mientras avanzan los días de la investigación. La respuesta más baja se reflejó en el T9 posiblemente sea a causa de una dosis inadecuada o el tipo de citoquinina no fue la más efectiva en la especie que se evaluó, limitando así la capacidad de multiplicación al pasar el tiempo.

La mayor diferencia entre tratamientos suele ocurrir en etapas tempranas del cultivo y al lapso del tiempo. Estos datos corroboran con la idea de que la capacidad de respuesta de los explantes pueden nivelarse en bases intermedias del cultivo in vitro (Solano, 2024).

5.6. Número de brotes por explante a los 90 días (NBE)

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a la variable NBE evaluado a los 90 días. Esta variable es fundamental para evaluar la efectividad acumulativa de los tratamientos evaluados.

Cuadro 26

Resultados de coeficiente de determinación en la variable NBE a los 90 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
NBE	48	0.76	0.66	26.61	NBE 90

Los tratamientos evaluados indican el 76% de la variabilidad observada en la variable en estudio a los 90 días, lo que indica que el modelo experimental tiene la capacidad explicativa con respecto a la variable en evaluar. El coeficiente de determinación ajustado (0.66) mostrando que más de la mitad de la variación se

debe directamente a los efectos de los tratamientos con citoquininas. El coeficiente de variación (26.61), lo cual es considerado aceptable en estudios de propagación in vitro, donde la variabilidad biológica entre los explantes evaluados.

Cuadro 27

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NBE a los 90 días

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	815.30	11	74.12	7.23	<0.0001

El análisis de varianza evidenció p-valor (0.0001) lo que hace mención que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos evaluados, el valor F (7.23) se confirma que los tratamientos aplicados influyeron claramente en la multiplicación de brotes.

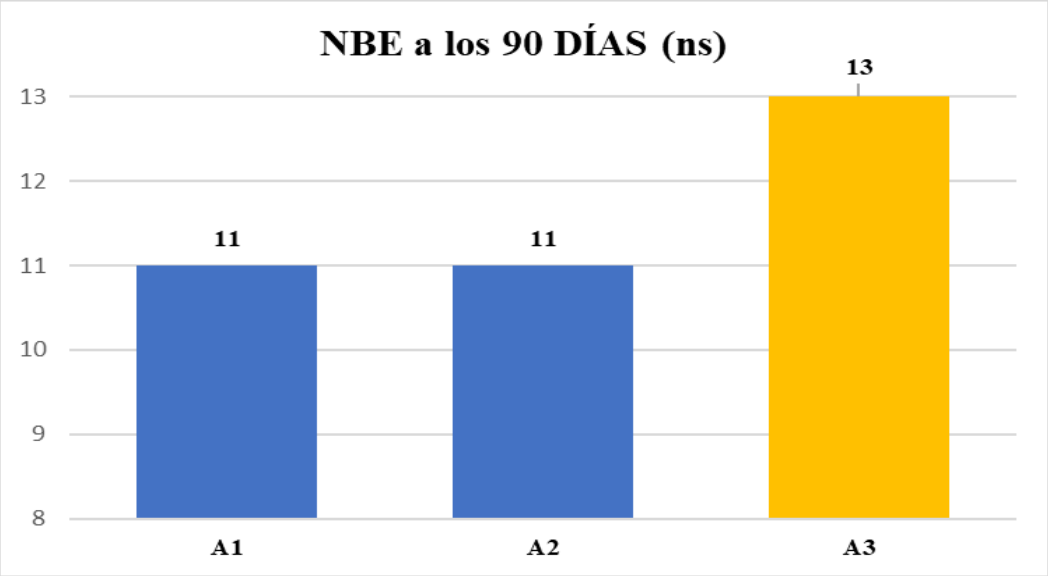
Cuadro 28

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NBE a los 90 días

FA	Medias	R
3	13.47	A
2	11.48	A
1	11.16	A

Gráfico 16

Promedios de la variable NBE para el factor A a los 90 días



A los 90 días, el patrón continúa, con el Factor A3 (Benzil amino purina) mostrando el mayor número de brotes por explante, con una media de 13, seguido por el Factor A2 (Kinetina) con 11, y el Factor A1 (Bencil adenina) con 11. Esto sugiere que, a los 90 días, el Benzil amino purina (A3) sigue siendo la más efectiva en la formación de brotes, seguida por la Kinetina (A2), y el Bencil adenina (A1) nuevamente muestra un rendimiento más bajo.

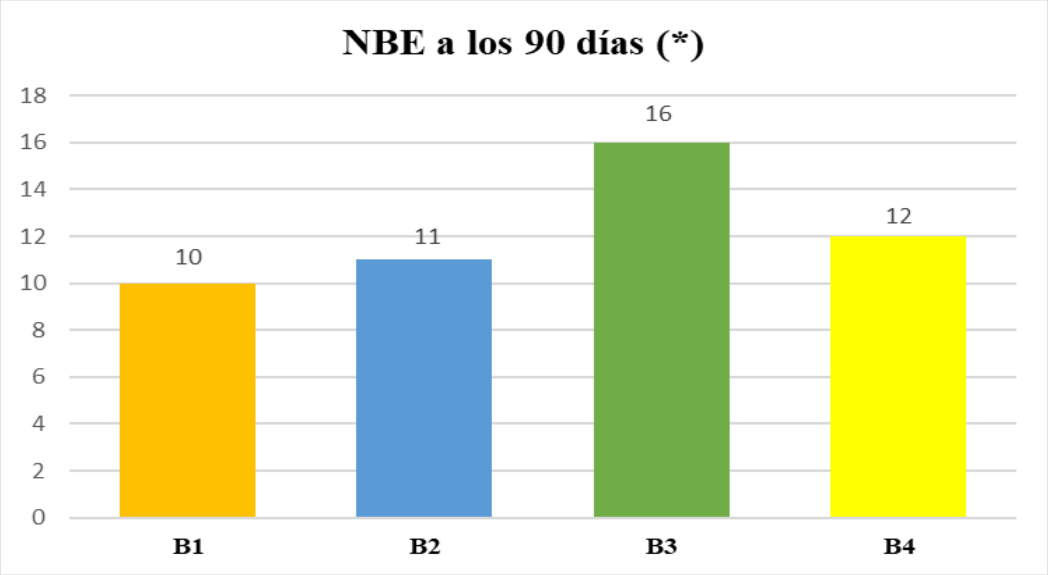
Cuadro 29

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NBE a los 90 días

FB	Medias	R
3	15.83	A
4	11.65	AB
2	10.96	AB
1	9.71	B

Gráfico 17

Promedios de la variable NBE para el factor B a los 90 días



A los 90 días, el patrón se mantiene consistente con los resultados anteriores. B3 (4 mg/l) tiene el mayor número de brotes con 16, seguido por B4 (6 mg/l) con 12 y B2 (2 mg/l) con 11. B1 (0 mg/l) muestra el menor NBE con 10. Esto confirma que una mayor dosis de citoquinina continúa promoviendo la formación de brotes.

Los resultados indican que, en este estudio, el aumento de la dosis de citoquinina está relacionado positivamente con el número de brotes por explantes (NBE). A medida que la dosis de citoquinina se incrementa, se observa un aumento en la formación de brotes. Esto puede deberse a que las citoquininas son hormonas de crecimiento vegetal que estimulan la división celular y la multiplicación de las células en los brotes.

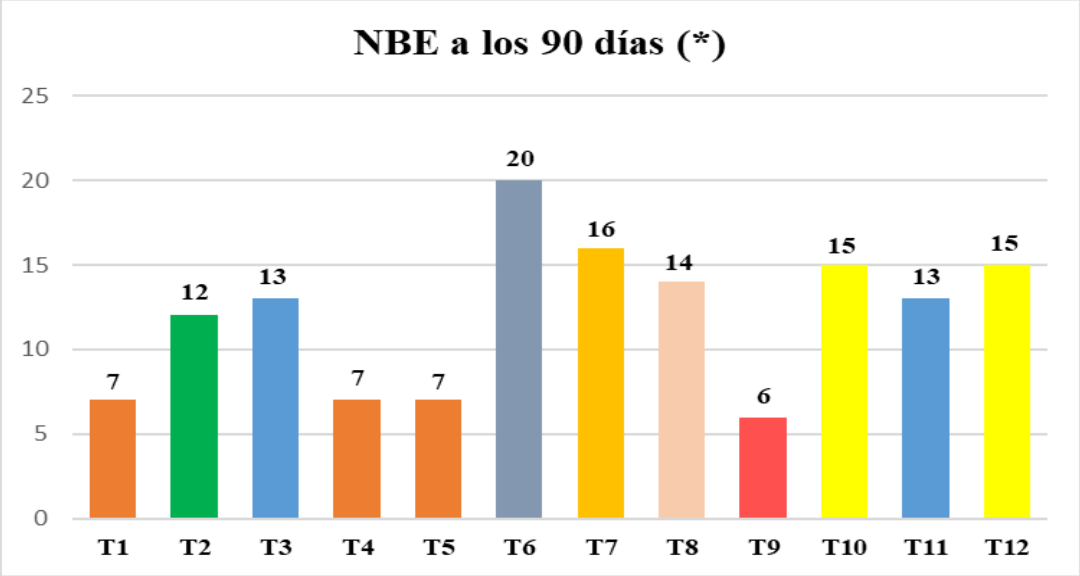
Cuadro 30

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la NBE a los 90 días

TRA	Medias	R
9	6.00	A
1	6.88	A B
5	7.06	A B C
4	7.31	A B C
2	11.75	A B C D
3	13.31	A B C D
11	13.44	A B C D
8	13.69	A B C D
10	14.50	B C D
12	14.94	C D
7	15.94	D
6	19.63	D

Gráfico 18

Promedios de la variable Número de brotes por explante a los 90 días en la interacción AxB



A los 90 días, el tratamiento T6 (Kinetina + 2 mg/l) muestra un valor más alto con 20 brotes, consolidando la influencia positiva de la kinetina a esta dosis en el transcurso de la investigación. El T9 (Bencil amino purina + 0 mg/l) presentó un valor mas bajo con 6 brotes.

La eficiencia observada en los tratamientos superiores llega a estar relacionada con el tipo y las concentraciones usadas, las mismas que favorecen la división celular y la activación meristemática prolongada. Estos tratamientos presentaron las dosis óptimas de BAP.

Los tratamientos con BAP en concentraciones intermedias produjeron un número significativo de brotes al transcurrir el tiempo de la investigación. La BAP mejoró la brotación en especies de plantas ornamentales (Muñoz, 2022), mostrando patrones similares de respuesta a los que se obtuvieron en la presente investigación. Estas coincidencias mantienen la validez de los tratamientos más efectivos aplicados en este análisis con respecto a ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav**.

5.7. Número de hojas por brote a los 30 días (NHB)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en relación con la variable número de hojas por brote (NHB) evaluados a los 30 días, la misma que permitió evaluar el grado de desarrollo foliar alcanzado por los brotes inducidos. Esta variable es un indicador importante del vigor y funcionalidad de los brotes, debido a que con un mayor número de hojas se vincula con una mayor capacidad fotosintética, por lo tanto, un mejor desempeño.

Cuadro 31

Resultados de coeficiente de determinación en la variable NHB a los 30 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
NBE	48	0.87	0.81	22.11	NHB 30

Los resultados esta para la variable NHB evaluado a los 30 días, muestran un coeficiente de determinación de 0.87, lo que refleja el 87% de la variabilidad en NHB puede ser explicada por los tratamientos aplicados. De la misma el coeficiente de determinación ajustado 0.81 indica un modelo estadístico robusto, con una buena capacidad explicativa. En tanto que el CV (22.11).

Cuadro 32

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NHB a los 30 días

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	2897.85	11	263.44	17.61	<0.0001

El análisis de varianza (ADEVA) aplicado en la variable NHB evaluado a los 30 días mostro un p-valor menor a 0.0001, lo cual indica una diferencia altamente significativa (**) entre tratamientos. El valor de F (17.61) evidenciando que la variación observada en la variable en estudio no se debe al azar, sino al efecto real en los tratamientos evaluados ejercen una influencia significativa en el desarrollo foliar de los brotes.

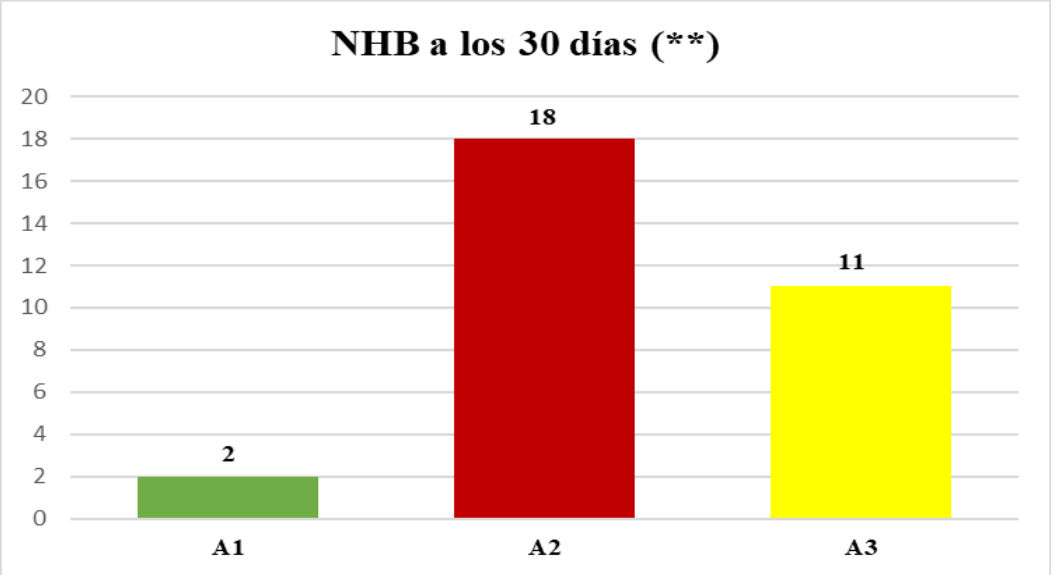
Cuadro 33

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NHB a los 30 días

FA	Medias	R
2	18.19	A
3	11.45	B
1	1.63	C

Gráfico 19

Promedios de la variable Número de hojas por brote para el factor A a los 30 días



De acuerdo al análisis del número de hojas por brotes en el Factor A, evaluado a los 30 días el Factor A2 (Kinetina) muestra la mayor cantidad con una media de 18 hojas por brote, seguido por el Factor A3 (Benzil amino purina) con 11, y el Factor A1 (Bencil adenina) tiene la menor cantidad con 2 hojas por brote. Esto indica que la Kinetina (A2) parece tener un efecto más positivo en la formación de hojas por brote en este punto debido que estimula la división celular, seguido por el Benzil amino purina (A3), mientras que el Bencil adenina (A1) muestra el rendimiento más bajo.

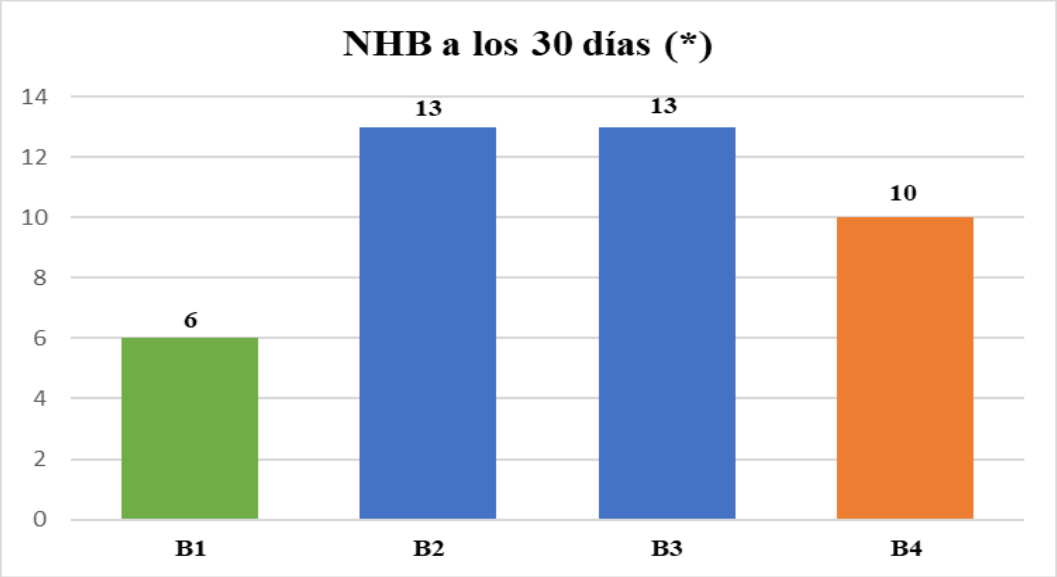
Cuadro 34

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NHB a los 30 días

FB	Medias	R
2	13.02	A
3	12.90	A
4	10.21	A
1	5.56	B

Gráfico 20

Promedios de la variable NHB para el factor B a los 30 días



En el número de hojas por brote a los 30 días, se observa un aumento en el número de hojas por explante (NHB) a medida que se aumenta la dosis de citoquinina. B2 (2 mg/l) y por B3 (4 mg/l) muestra el mayor número de hojas con 13, seguido por B4 (6 mg/l) con 10 y el B1 (0 mg/l) siendo el testigo con 6. Esto indica que, a los 30 días, una mayor dosis de citoquinina tiene un efecto positivo.

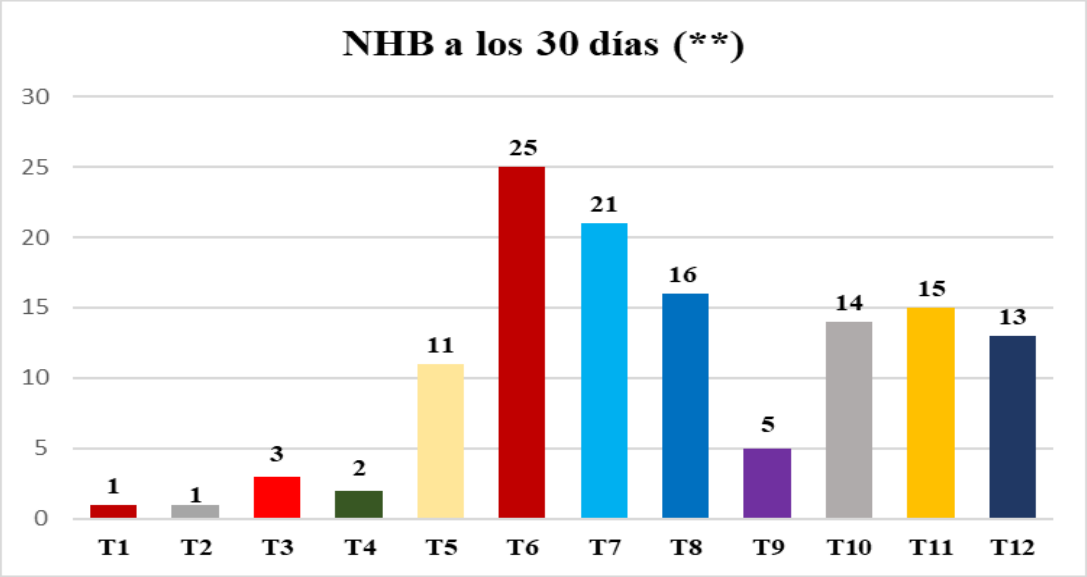
Cuadro 35

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la NHB a los 30 días

TRA	Medias	R
2	0.81	A
1	0.81	A
4	1.56	A
3	3.31	A B
9	4.63	A B C
5	11.25	B C D
12	12.94	C D
10	13.50	C D
11	14.75	D
8	16.13	D E
7	20.63	D E
6	24.75	D E

Gráfico 21

Promedios de la variable Número de hojas por brote a los 30 días en la interacción AxB



De acuerdo a los resultados obtenidos en la variable A los 30 días, se observa que el T6 (Kinetina + 2 mg/l) presenta el mayor número de hojas, alcanzando un total de 25. Este resultado sugiere que la kinetina, a esta dosis específica, tiene un impacto positivo en el desarrollo foliar de los brotes en la fase inicial del cultivo. En contraste, los T1 (Bencil adenina + 0 mg/l) y T2 (Bencil adenina + 2 mg/l) muestran el menor número de hojas, ambos con solo 1 hoja. Esto indica que la bencil adenina a estas dosis podría no estar favoreciendo significativamente la formación de hojas en este período.

La diferencia en número de hojas por brotes se encuentra relacionado con la eficacia de ciertas combinaciones de citoquininas y sus respectivas concentraciones en la activación de la división celular y la expansión foliar. Es probable que los tratamientos con mejores resultados engloban citoquininas como BAP en concentraciones ideales, que han demostrado estimular significativamente el crecimiento vegetativo en el cultivo in vitro.

Estos resultados se alinean con el conocimiento fisiológico de las citoquininas, al estimular la actividad meristematica, promueven la formación de estructuras aéreas, como las hojas (Herrera, 2022).

5.8. Número de hojas por brote a los 60 días (NHB)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en relación con la variable NHB a los 60 días, esta variable representa un indicador clave del desarrollo vegetativo, que refleja la capacidad de respuesta de los explantes frente a los diferentes tratamientos hormonales aplicados.

Cuadro 36

Resultados de coeficiente de determinación en la variable NHB a los 60 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
NHB	48	0.73	0.62	29.76	NHB 60

Los resultados en el análisis estadístico muestran que el coeficiente de determinación (0.73) indica que el 73% de la variabilidad observada en el número de hojas por brote a los 60 días puede explicarse por los tratamientos aplicados. Este valor sugiere una influencia considerable de las citoquininas y sus dosis en la respuesta de los explantes evaluados. El coeficiente de determinación ajustado fue de 0.62 confirma una buena capacidad explicativa del modelo, incluso al considerar el número de factores evaluados. Mientras que el CV (29.76%) índice que es aceptable dentro de los experimentos biológicos de esta naturaleza, indicando una variabilidad moderada en los datos.

Cuadro 37

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NHB a los 60 días

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	1263.03	11	114.82	5.36	<0.0001

El análisis de varianza indica difer4encias altamente significativa entre tratamientos para la variable evaluada a los 60 días, con un valor de F de 5.36 y p-valor a 0.0001.

Las combinaciones usadas generaron respuestas diferentes en la producción foliar de los brotes.

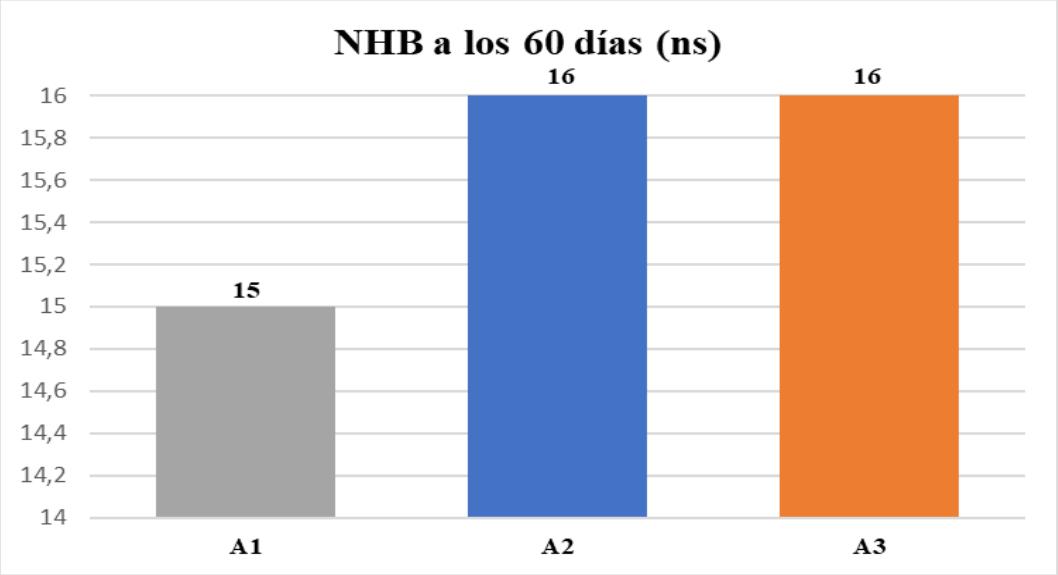
Cuadro 38

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NHB a los 60 días

FA	Medias	R
2	15.75	A
3	15.56	A
1	15.34	A

Gráfico 22

Promedios de la variable NHB para el factor A a los 60 días



A los 60 días, el patrón se mantiene similar, con el Factor A2 (Kinetina) mostrando la mayor con 16 hojas por brote, seguido por el Factor A3 (Benzil amino purina) con 16, y el Factor A1 (Bencil adenina) tiene 15. Esto sugiere que, a los 60 días, la Kinetina (A2) sigue siendo la más efectiva en la formación de hojas por brote.

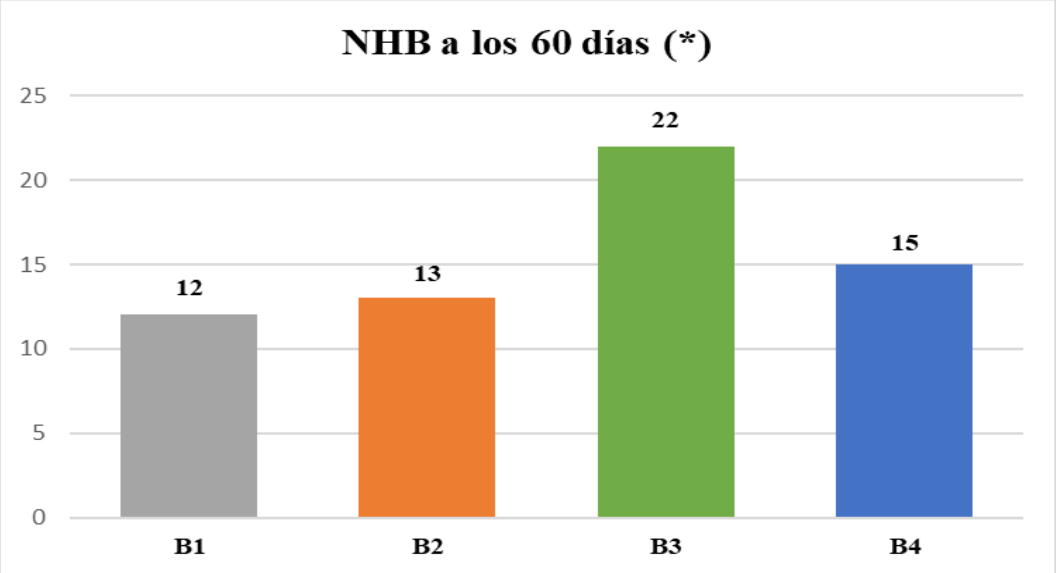
Cuadro 39

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NHB a los 60 días

FB	Medias	R
3	21.69	A
4	15.04	AB
2	13.19	B
1	12.29	B

Gráfico 22

Promedios de la variable NHB para el factor B a los 60 días



A los 60 días, se mantiene el patrón de aumento en el NHB con la dosis de citoquinina. B3 (4 mg/l) muestra el mayor número de brotes con 22, seguido por B4 (6 mg/l) con 15 y B2 (2 mg/l) con 13. B1 (0 mg/l) tiene el menor NHB con 12. Nuevamente, esto indica que una mayor dosis de citoquinina tiene un efecto positivo en la formación de brotes.

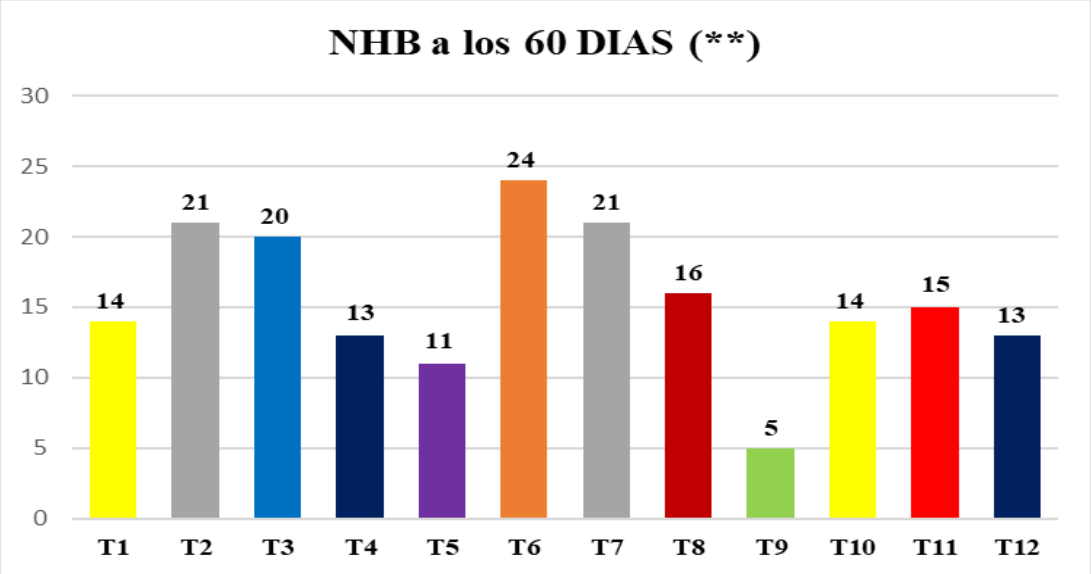
Cuadro 40

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la NHB a los 60 días

TRA	Medias	R
9	4.63	A
5	11.25	A B
12	12.94	A B
4	13.13	A B
10	13.50	A B C
1	14.13	A B C
11	14.75	A B C
8	16.13	B C
3	19.94	B C
7	20.63	B C
2	20.88	B C
6	24.75	C

Gráfico 24

Promedios de la variable Número de hojas por brote a los 60 días en la interacción AxB



Al llegar a los 60 días, el patrón persiste, y nuevamente, el T6 (Kinetina + 2 mg/l) destaca con el mayor número de hojas (25). La kinetina sigue demostrando su

capacidad para promover un desarrollo foliar significativo. Por otro lado, los T9 (Benzil amino purina + 0 mg/l) y T5 (Kinetina + 0 mg/l) presentan los valores más bajos de NHB, con 5 y 14 hojas respectivamente. Esto sugiere que la ausencia de citoquininas o su presencia a dosis bajas puede limitar el crecimiento foliar.

Las diferencias observadas en el análisis de la variable en estudio, llega atribuirse al tipo de citoquinina y su concentración ya que estas hormonas vegetales regulan el crecimiento y desarrollo de tejidos in vitro. En particular el T6 probablemente incorporó un tipo de citoquina con altas capacidades mitogénica como BAP que demuestran ser las más efectivas.

5.9. Número de hojas por brote a los 90 días (NHB)

A continuación, se detallan los resultados correspondientes a la variable Número de hojas por brote a los 90 días (NHB), la cual permite evaluar la capacidad foliar alcanzada por los explantes de ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav** bajo distintos tratamientos hormonales en un período prolongado

Cuadro 41

Resultados de coeficiente de determinación en la variable NHB a los 90 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
NHB	48	0.75	0.64	25.17	NHB 90

Los resultados del análisis estadístico para la variable Número de hojas por brote a los 90 días (NHB) indican un coeficiente de determinación (R^2) de 0.75, lo cual revela que el modelo explica el 75% de la variabilidad observada en esta variable. Este valor refleja una adecuada capacidad explicativa del modelo respecto al comportamiento de los tratamientos aplicados sobre el número de hojas. El coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado) fue de 0.64, lo que confirma la solidez del modelo al considerar el número de variables independientes. Por otra parte, el coeficiente de variación (CV) fue de 25.17%, considerado aceptable dentro de estudios de propagación in vitro, indicando una dispersión moderada de los datos en relación con la media.

Cuadro 42

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NHB a los 90 días

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
TRAT	1690.5	11	153.68	6.24	<0.0001

El análisis de varianza (ANOVA) para la variable NHB a los 90 días mostró un valor de F = 6.24 con un p-valor < 0.0001, lo que indica una diferencia altamente significativa (p < 0.001) entre los tratamientos evaluados.

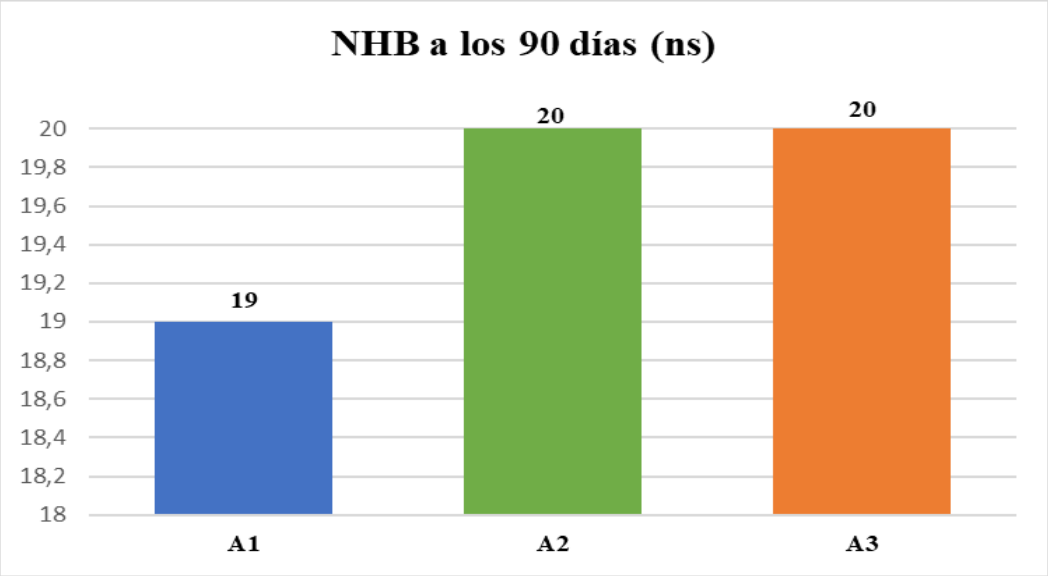
Cuadro 43

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NHB a los 90 días

FA	Medias	R
3	20.38	A
2	20.14	A
1	18.61	A

Gráfico 25

Promedios de la variable NHB para el factor A a los 90 días



A los 90 días, el patrón continúa, con el Factor A3 (Benzil amino purina) muestra la mayor cantidad con una media de 21, seguido por el Factor A2 (Kinetina) con 20 y el Factor A1 (Bencil adenina) con 19. Esto sugiere que, a los 90 días, el Benzil amino purina (A3) sigue siendo la más efectiva en la formación de hojas.

El bencil adenina tiene rendimiento más bajo en la formación de hojas por brote en todos los puntos de tiempo evaluados (30, 60 y 90 días). Es la menos efectiva en comparación con A2 y A3 en la promoción de la formación de hojas por brote.

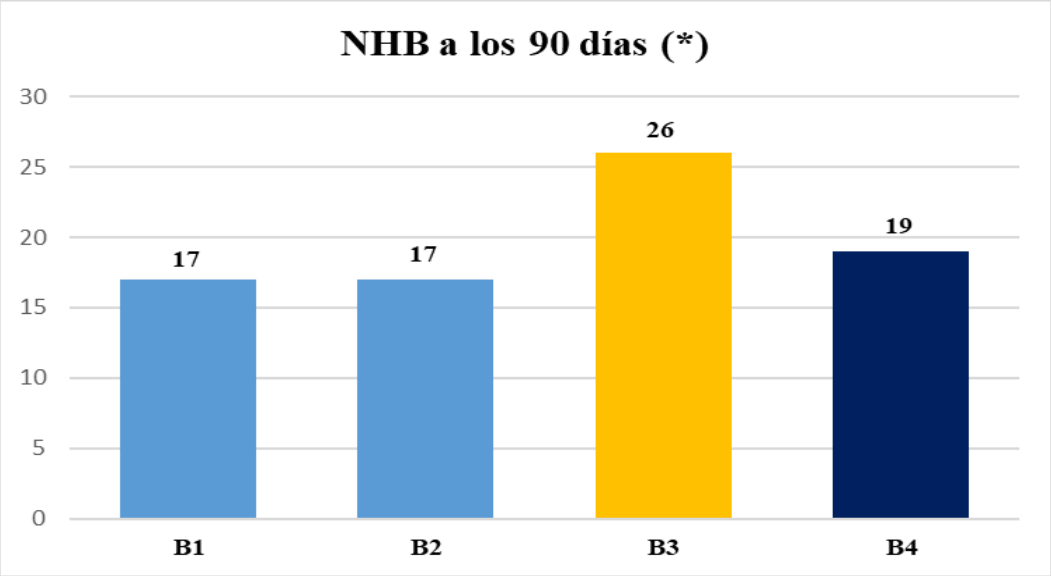
Cuadro 44

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NHB a los 90 días

FB	Medias	R
3	26.00	A
4	19.40	AB
2	16.90	B
1	16.54	B

Gráfico 26

Promedios de la variable NHB para el factor B a los 90 días



A los 90 días, el patrón se mantiene consistente con los resultados anteriores. B3 (4 mg/l) tiene el mayor número de brotes con 26, seguido por B4 (6 mg/l) con 19 y B2 (2 mg/l) con 17. B1 (0 mg/l) muestra el menor NHB con 17. Esto confirma que una mayor dosis de citoquinina continúa promoviendo la formación de brotes a lo largo del tiempo.

B3 muestra un mayor número de brotes que B2 y B1 a los 60 y 90 días, y alcanza el mayor número de brotes a los 90 días. Esto sugiere que una dosis de 4 mg/l tiene un efecto positivo en la formación de brotes.

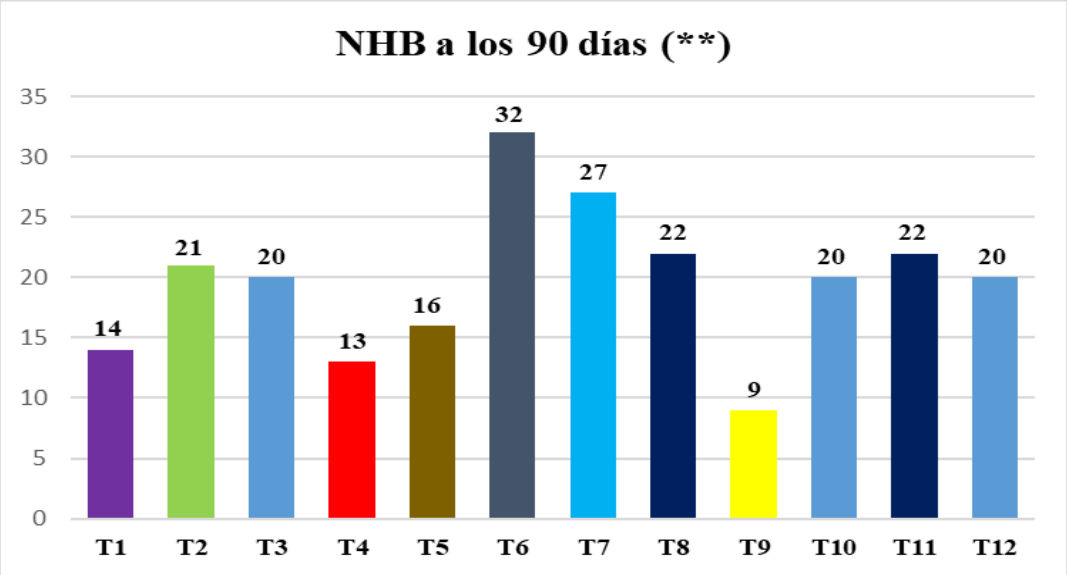
Cuadro 45

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la NHB a los 90 días

TRA	Medias	R
9	9.13	A
4	13.13	A B
1	14.13	A B
5	15.13	A B C
3	19.94	A B C D
10	20.00	A B C D
12	20.44	A B C D
2	20.88	A B C D
11	21.56	B C D
8	22.44	B C D
7	27.19	C D
6	32.00	D

Gráfico 27

Promedios de la variable Número de hojas por brote a los 90 días en la interacción AxB



En la fase final de 90 días, el tratamiento T6 (Kinetina + 2 mg/l) mantiene su liderazgo con el mayor número de hojas (32). La kinetina sigue siendo efectiva a lo largo del tiempo para estimular el desarrollo foliar. Por otro lado, el tratamiento T9 (Benzil amino purina + 0 mg/l) presenta el menor valor de NHB, con 9 hojas. La falta de citoquininas en este tratamiento continúa afectando negativamente el desarrollo foliar.

La consistencia en los resultados y la relación dosis-efecto observada respaldan la idea de que la elección y dosificación adecuada de citoquininas son factores cruciales para optimizar el desarrollo foliar en cultivos in vitro.

Los resultados indican que la kinetina, especialmente a la dosis de 2 mg/l, favorece consistentemente el desarrollo foliar de las hojas por brote. Además, la ausencia de citoquininas o su presencia a dosis bajas tiende a limitar la formación de hojas. La consistencia en los resultados respalda la fiabilidad de los datos, destacando la importancia de la elección y dosificación adecuada de citoquininas para optimizar la respuesta foliar en cultivos in vitro (López & Cedeño, 2021)

5.10. Altura de brotes a los 30 días (AB)

La altura de brotes es un indicador esencial en los estudios de propagación in vitro, ya que permite evaluar el vigor y el crecimiento inicial de las plantas regeneradas. En esta etapa temprana (30 días), los brotes comienzan a desarrollar su estructura básica, lo que está influenciado directamente por el tipo y concentración de reguladores de crecimiento aplicados, especialmente las citoquininas.

Cuadro 46

Resultados de coeficiente de determinación en la variable AB a los 30 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
AB	48	0.79	0.70	22.40	AB 30

Los tratamientos evaluados explicaron el 79% de la variabilidad observada en la altura de los brotes a los 30 días, con un coeficiente de determinación ajustado (R^2 Aj) de 0,70. Este resultado indica una relación sólida entre los tratamientos aplicados y la respuesta de crecimiento en altura de los brotes, sugiriendo que la mayoría de los cambios en esta variable son atribuibles a las diferencias entre tratamientos. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) fue de 22,40%, lo que refleja una variabilidad aceptable dentro de los datos experimentales, permitiendo confiar en la consistencia de los resultados obtenidos.

Cuadro 47

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable AB a los 30 días

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
TRAT	11.23	11	1.02	11.37	<0.0001

El análisis de varianza (ADEVA) para la variable Altura de brotes a los 30 días (AB 30) revela un valor de F = 11.37 con un p-valor < 0.0001, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. Según el criterio de significancia establecido, este resultado se clasifica como altamente significativo.

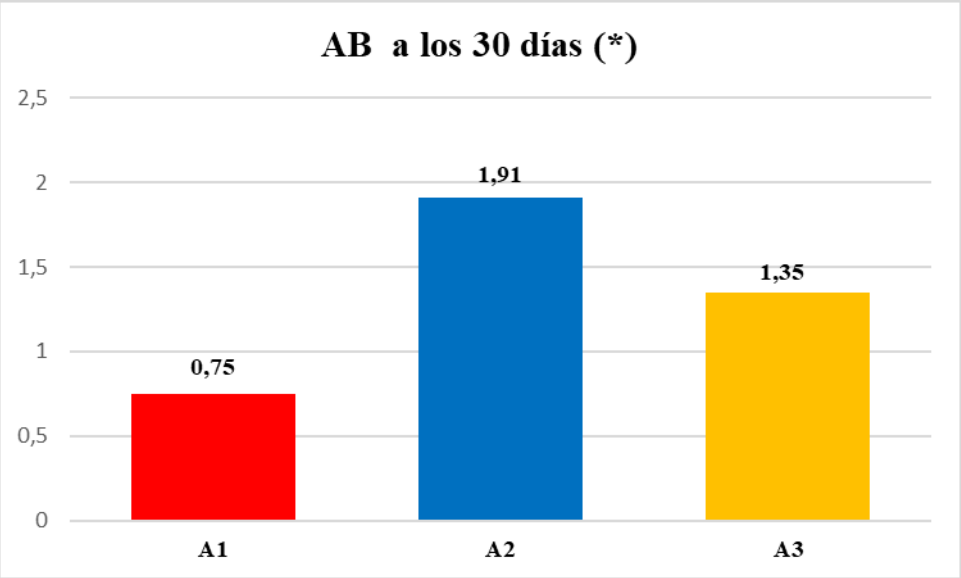
Cuadro 48

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable AB a los 30 días

FA	Medias	R
2	1.91	A
3	1.35	B
1	0.75	C

Gráfico 28

Promedios de la variable AB para el factor A a los 30 días



Basándonos en los resultados obtenidos en la altura de brotes evaluado en el FA en la primera evaluación a los 30 días, el Factor A2 (Kinetina) muestra la mayor altura de brotes, con una media de 1.91 cm, seguido por el Factor A3 (Benzil amino purina) con 1.35 cm, y el Factor A1 (Bencil adenina) tiene la menor altura de brotes con 0.75 cm. Esto indica que la Kinetina (A2) parece tener un efecto más positivo en el crecimiento de los brotes en este punto, seguido por el Benzil amino purina (A3), mientras que la Bencil adenina (A1) muestra el menor crecimiento.

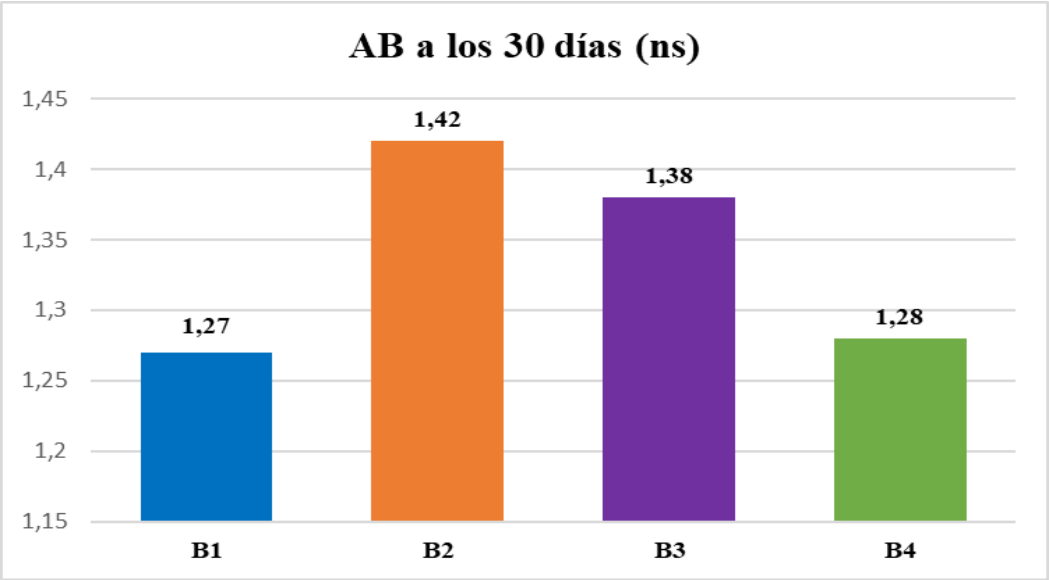
Cuadro 49

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable AB a los 30 días

FB	Medias	R
2	1.42	A
3	1.38	A
4	1.28	A
1	1.27	A

Gráfico 29

Promedios de la variable AB para el factor B a los 30 días



Los resultados expuestos a los 30 días en la variable AB, la dosis de citoquinina muestra un efecto positivo en altura de brotes por explantes (AB). B2 (2 mg/l) con 1.42 cm con el más alto, seguido por B3 (4 mg/l) con 1.38cm y B4 (6 mg/l) con 1.28 cm. B1 (0 mg/l, el testigo absoluto) con 1.27 cm tiene valor más bajo. Esto indica que, a los 30 días, la dosis de 2 mg/l (B2) muestra el mejor resultado en términos de altura de brotes, aunque las diferencias entre las dosis no son muy grandes.

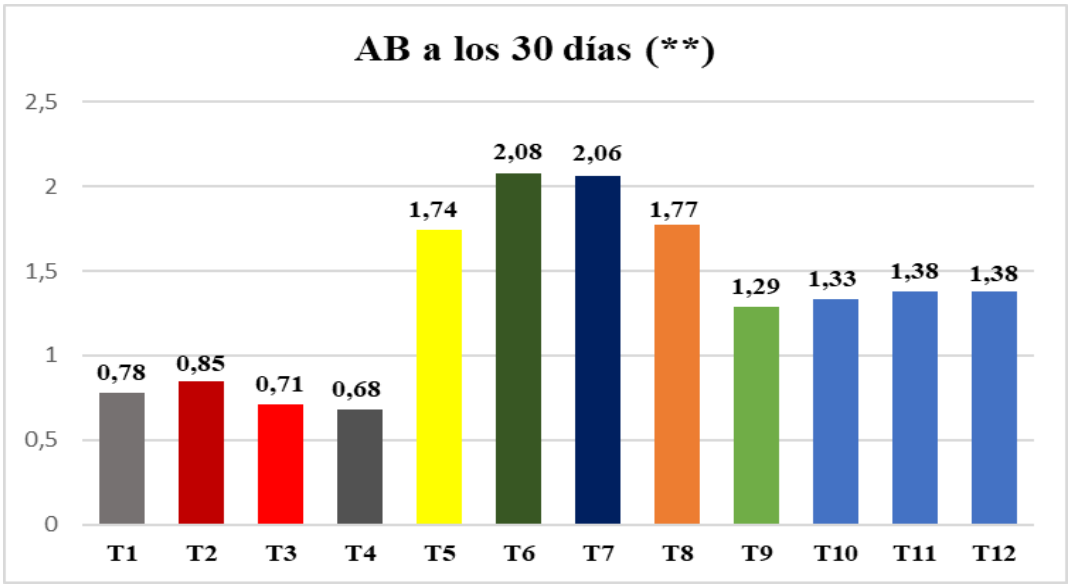
Cuadro 50

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la AB a los 30 días

TRA	Medias	R
4	0.68	A
3	0.71	A
1	0.78	A
2	0.85	A
9	1.29	A B
10	1.33	A B C
11	1.38	A B C D
12	1.38	A B C D
5	1.74	B C D
8	1.77	B C D
7	2.06	C D
6	2.08	D

Gráfico 30

Promedios de la variable altura brote a los 30 días en la interacción AxB



Los resultados de la altura de brotes (AB) a los 30 días, se observa que los tratamientos que emplean bencil adenina (T1, T2, T3, T4) tienen alturas de brotes más bajas (0.78, 0.8, 0.71 y 0.68 cm respectivamente) en comparación con los tratamientos que utilizan kinetina (T5, T6, T7, T8) con 1.74, 2.08, 2.06, 1.77 cm,

los cuales demuestran altos promedios. Este fenómeno puede atribuirse a la diferente eficacia de estas citoquininas específicas del crecimiento vertical.

Las diferencias observadas pueden atribuirse a la eficacia de los compuestos o condiciones específicas de cada tratamiento, que influyeron en la elongación de los brotes. Es probable que los tratamientos más efectivos hayan proporcionado mejores condiciones nutricionales o hormonales, facilitando un crecimiento celular más activo y, por ende, una mayor altura de los brotes.

5.11. Altura de brotes a los 60 días (AB)

A continuación, se detallan los resultados correspondientes a la variable Altura de brotes a los 60 días (AB), la cual permite evaluar el crecimiento longitudinal alcanzado por los explantes de ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav** bajo la influencia de diferentes tratamientos hormonales en un período intermedio del cultivo in vitro. Esta variable es clave para determinar el vigor de los brotes y su potencial de desarrollo en fases posteriores del proceso de micropropagación.

Cuadro 51

Resultados de coeficiente de determinación en la variable AB a los 60 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
AB	48	0.58	0.40	10.09	AB 60

Para la variable altura de brotes a los 60 días (AB 60), se obtuvo un coeficiente de determinación R^2 de 0.58 y un R^2 ajustado de 0.40, lo que indica que los tratamientos aplicados explican el 58 % de la variabilidad observada, evidenciando una relación moderada entre los tratamientos hormonales y el crecimiento en altura de los brotes. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) fue de 10.09 %, considerado bajo y adecuado para este tipo de ensayos biológicos, lo que demuestra una buena precisión experimental y sugiere que los datos presentan una baja dispersión en relación con la media, otorgando confiabilidad a los resultados obtenidos en esta etapa de evaluación.

Cuadro 52

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable AB a los 60 días

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	5.17	11	0.47	4.14	0.0007

El análisis de varianza (ANOVA) para la variable altura de brotes a los 60 días (AB 60) mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, con un valor de p = 0.0007, inferior al umbral de significancia de 0.001 (**). La razón F obtenida fue de 4.14, lo cual refuerza la existencia de efectos diferenciados atribuibles a los tratamientos, justificando la continuación con una prueba de comparación de medias como Tukey al 5 % para identificar cuáles tratamientos difieren entre sí.

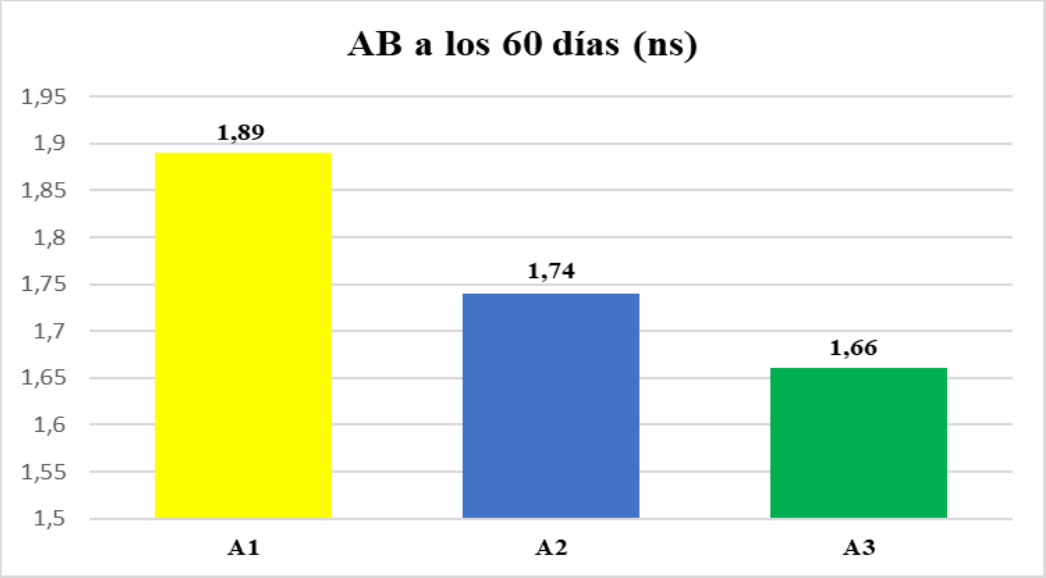
Cuadro 53

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable AB a los 60 días

FA	Medias	R
3	1.89	A
1	1.74	A
2	1.66	A

Gráfico 31

Promedios de la variable AB para el factor A a los 60 días



A los 60 días, los datos se mantienen similares, el Factor A1 (Bencil adenina) mostrando la mayor altura de brotes, con una media de 1.89 cm, seguido por el Factor A2 (Kinetina) con 1.74 cm, y el Factor A3 (Benzil amino purina) tiene 1.66 cm. Esto sugiere que, a los 60 días, el Bencil adenina (A1) se convierte en la más efectiva en el crecimiento de los brotes.

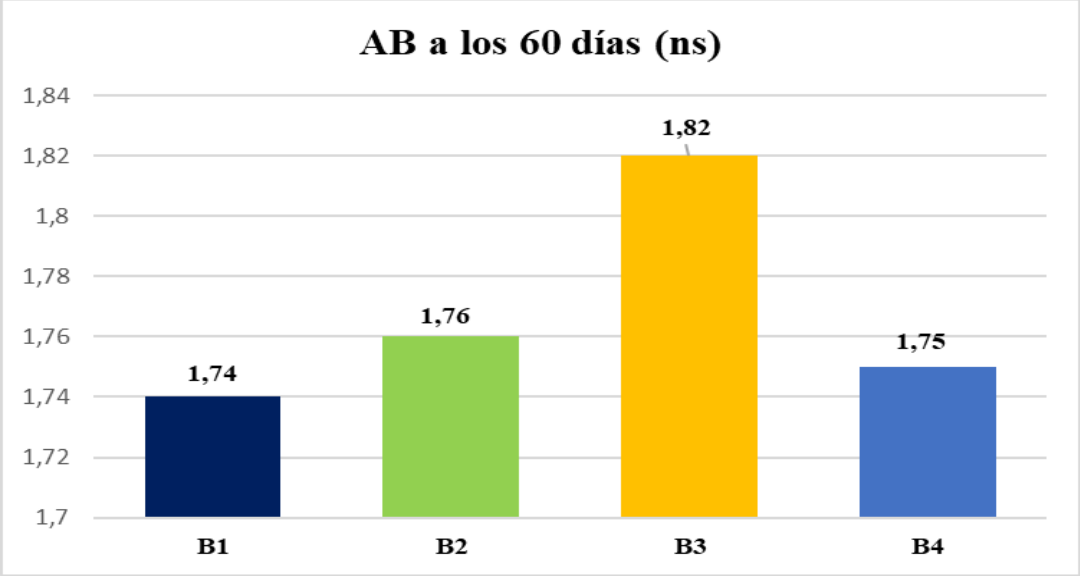
Cuadro 54

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable AB a los 60 días

FB	Medias	R
1	1.74	A
3	1.82	A
4	1.75	A
2	1.76	A

Gráfico 30

Promedios de la variable AB para el factor B a los 60 días



A los 60 días, se repite el patrón anterior. B3 (1.82 cm) B2 (1.76 cm) tiene el NBE más alto, seguido por B2 (1.76 cm) y B4 (1.75 cm), mientras que B1 (1.74) tiene el NBE más bajo. Nuevamente, la dosis de 2 mg/l (B2) muestra el mejor resultado en términos de número de brotes.

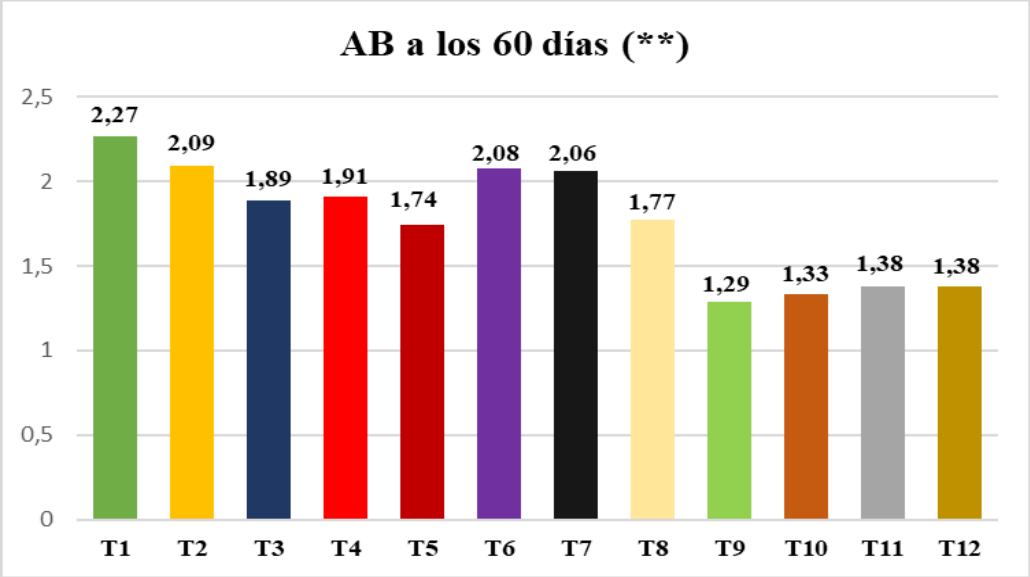
Cuadro 55

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la AB a los 60 días

TRA	Medias	R
9	1.29	A
10	1.33	A
11	1.38	A
12	1.38	A
5	1.74	A B
8	1.77	A B
3	1.89	A B
4	1.91	A B
7	2.06	A B
6	2.08	A B
2	2.09	A B
1	2.27	B

Gráfico 32

Promedios de la variable altura de brote a los 60 días en la interacción AxB



Estos resultados pueden justificarse por la acción específica de las citoquininas empleadas en cada tratamiento, ya que estas hormonas, además de promover la multiplicación celular, influyen en la elongación del tallo en ciertos contextos hormonales y fisiológicos. Tratamientos con una relación más balanceada entre citoquininas suelen favorecer el desarrollo estructural del brote, permitiendo un mayor crecimiento en altura. La respuesta diferencial observada podría estar relacionada con la sensibilidad específica de los explantes al tipo de citoquinina utilizada, como la benzil amino purina (BAP), y su concentración en el medio de cultivo.

El incremento de citoquininas hasta cierto umbral promueve significativamente la altura de brotes, confirmando que dosis moderadas son más efectivas que concentraciones altas o desbalanceadas. Estas coincidencias respaldan la efectividad de combinaciones hormonales adecuadas para optimizar la elongación de brotes en especies del mismo género o de fisiología similar (Gil et al., 2019).

5.12. Altura de brotes a los 90 días (AB)

A continuación, se detallan los resultados correspondientes a la variable Altura de brotes a los 90 días (AB), esta variable es clave para determinar la eficacia de las citoquininas aplicadas en la promoción del crecimiento sostenido, siendo un indicador relevante del vigor y la capacidad de elongación de los brotes antes del proceso de aclimatación.

Cuadro 56

Resultados de coeficiente de determinación en la variable AB a los 90 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
AB	48	0.48	0.26	15.91	AB 90

Los resultados del análisis estadístico muestran que el coeficiente de determinación (0.48) indica que el 48% de la variabilidad observada en la altura de brotes a los 90 días puede explicarse por los tratamientos aplicados. Este valor sugiere una

influencia moderada de las citoquininas y sus concentraciones en la respuesta de los explantes evaluados. El coeficiente de determinación ajustado fue de 0.26, lo que refleja una capacidad explicativa baja del modelo al considerar el número de factores incluidos. Sin embargo, el coeficiente de variación (15.91%) se encuentra dentro de los rangos aceptables para ensayos biológicos.

Cuadro 57

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable AB a los 90 días

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	3.51	11	0.32	2.72	0.0130

El análisis mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p = 0.0130$) en la altura de los brotes a los 90 días, lo que indica que al menos uno de los tratamientos con citoquininas generó una respuesta distinta respecto a los demás F calculado (2.72) revela que las diferencias observadas en la altura de los brotes no fueron producto del azar, sino del efecto de los tratamientos aplicados.

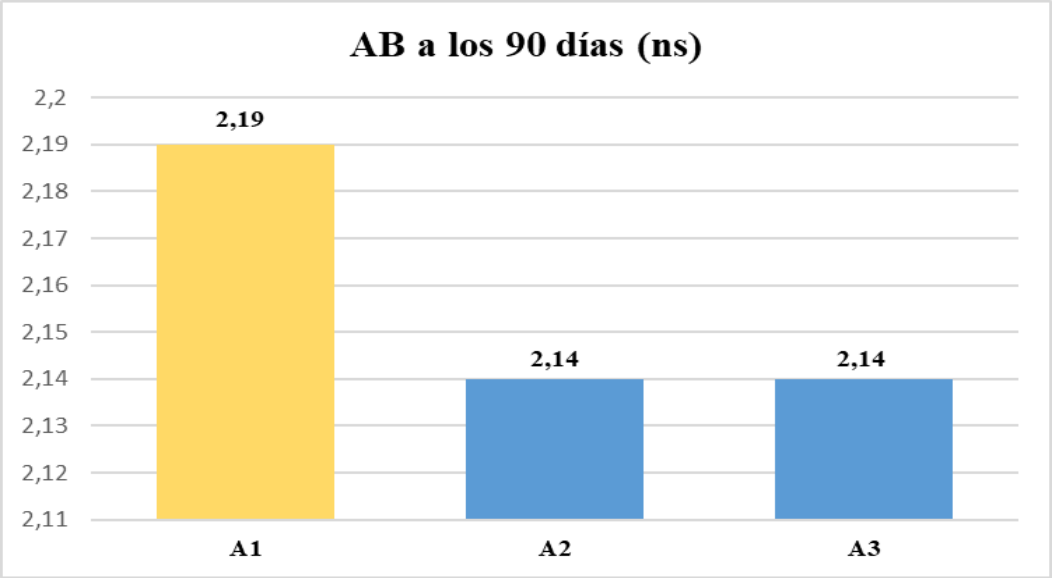
Cuadro 58

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable AB a los 90 días

FA	Medias	R
1	2.19	A
3	2.14	A
2	2.14	A

Gráfico 35

Promedios de la variable AB para el factor A a los 90 días



A los 90 días, el patrón continúa, con el Factor A1 (Bencil adenina) mostrando la mayor altura de brotes, con una media de 2.19 cm, seguido por el Factor A2 (Kinetina) con 2.14 cm, y el Factor A3 (Benzil amino purina) también con 2.14 cm. Esto sugiere que, a los 90 días, la citoquinina Bencil adenina (A1) sigue siendo la más efectiva en el crecimiento de los brotes.

La citoquinina Bencil adenina muestra un buen rendimiento en el crecimiento de los brotes a los 60 y 90 días, convirtiéndose en la más efectiva en estos puntos de tiempo.

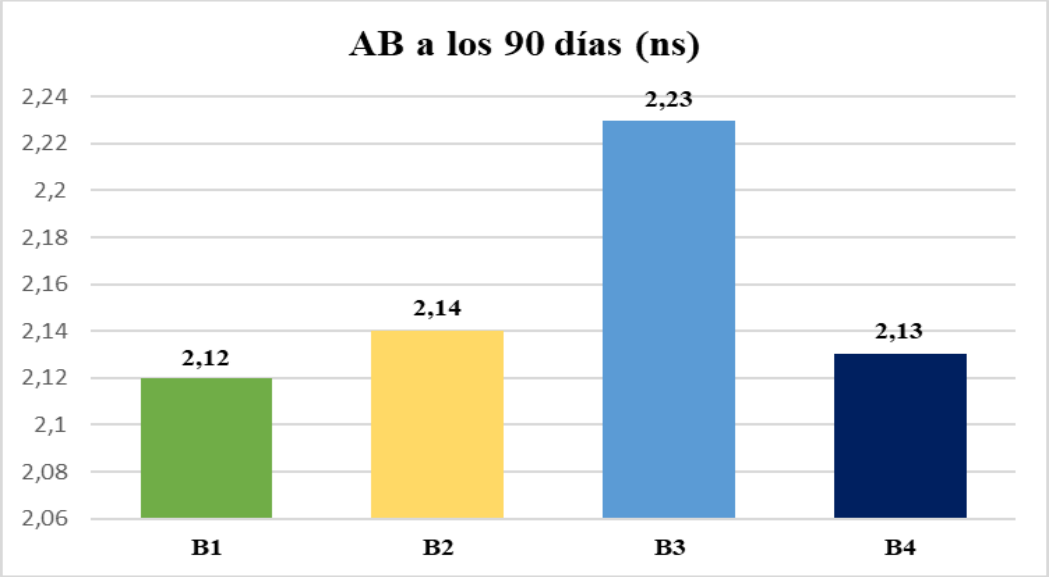
Cuadro 59

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable AB a los 90 días

FB	Medias	R
1	58.75	A
3	58.75	A
4	56.25	A
2	56.25	A

Gráfico 35

Promedios de la variable AB para el factor B a los 90 días



A los 90 días, se observa un aumento en el AB en todas las dosis, con B3 (2.23 cm), teniendo el AB más alto, seguido por B1 (2.12 cm), B2 (2.14 cm) y B4 (2.13 cm). B3 muestra un AB similar a B2 y es ligeramente superior a B4 en los períodos de evaluación, pero las diferencias son pequeñas.

Los resultados sugieren que las diferencias en la dosis de citoquinina tienen un efecto en la altura de brotes a lo largo del tiempo. A corto plazo (30 y 60 días), las diferencias no son muy pronunciadas, pero a largo plazo (90 días), se observa un aumento en la altura de brotes con una dosis más alta B3 (4 mg/l).

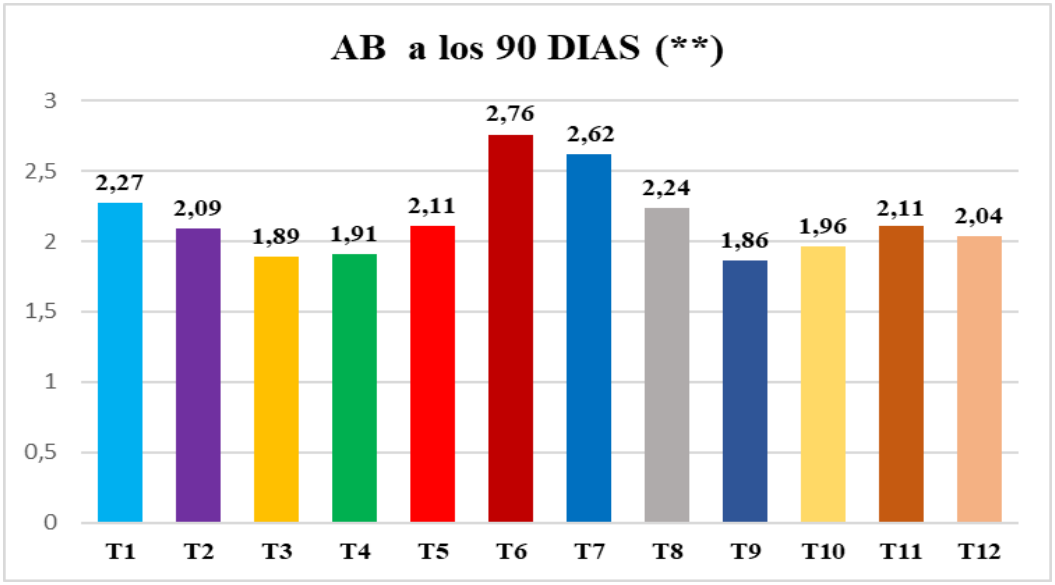
Cuadro 60

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la AB a los 90 días

TRA	Medias	R
9	1.86	A
3	1.89	A
4	1.91	A B
10	1.96	A B
12	2.04	A B
2	2.09	A B
5	2.11	A B
11	2.11	A B
8	2.24	A B
1	2.27	A B
7	2.62	A B
6	2.76	B

Gráfico 36

Promedios de la variable altura de brote a los 90 días en la interacción AxB



A los 90 días, se observa un aumento general en la altura de los brotes para todos los tratamientos. Los tratamientos que incluyen kinetina muestran alturas superiores, con el T6 (kinetina + 2 mg/l) con 2.76 cm liderando en esta toma específica.

La kinetina desempeña un papel crucial en la producción de plantas en el cultivo in vitro. Su capacidad para promover la proliferación celular ofrece a los científicos y agricultores herramientas valiosas para optimizar la eficiencia y la calidad de los cultivos (Aguilar, 2021).

5.13. Taza de velocidad de multiplicación a los 30 días (TVM)

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a la variable Taza de Velocidad de Multiplicación a los 30 días (TVM), la cual permite estimar la eficiencia en la producción de nuevos brotes a partir de los explantes durante la fase inicial del cultivo in vitro. Esta variable es fundamental para determinar el potencial multiplicativo de los tratamientos hormonales evaluados, ya que refleja la rapidez con la que los explantes generan material vegetal útil para la propagación.

Cuadro 61

Resultados de coeficiente de determinación en la variable TVM a los 30 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
TVM	48	0.81	0.73	25.95	TVM 30

Los resultados del análisis estadístico para la variable Taza de Velocidad de Multiplicación (TVM) a los 30 días muestran un coeficiente de determinación (R^2) de 0.81, lo que indica que el 81% de la variabilidad observada en los datos puede atribuirse directamente a los tratamientos hormonales aplicados. El coeficiente de determinación ajustado (R^2aj) fue de 0.73, lo que confirma que, incluso al considerar el número de tratamientos evaluados, el modelo mantiene una alta capacidad explicativa. El coeficiente de variación (CV) fue del 25.95%, lo cual, aunque representa una variabilidad relativamente alta.

Cuadro 62

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable TVM a los 30 días

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	0.70	11	0.06	11.01	<0.0130

El análisis de varianza evidenció un p-valor (<0.0130), lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. El valor de F (11.01) confirma que los tratamientos hormonales aplicados influyeron de manera evidente en la tasa de velocidad de multiplicación de los brotes a los 30 días, destacando el efecto de las diferentes concentraciones de citoquininas en el comportamiento fisiológico de ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav.**

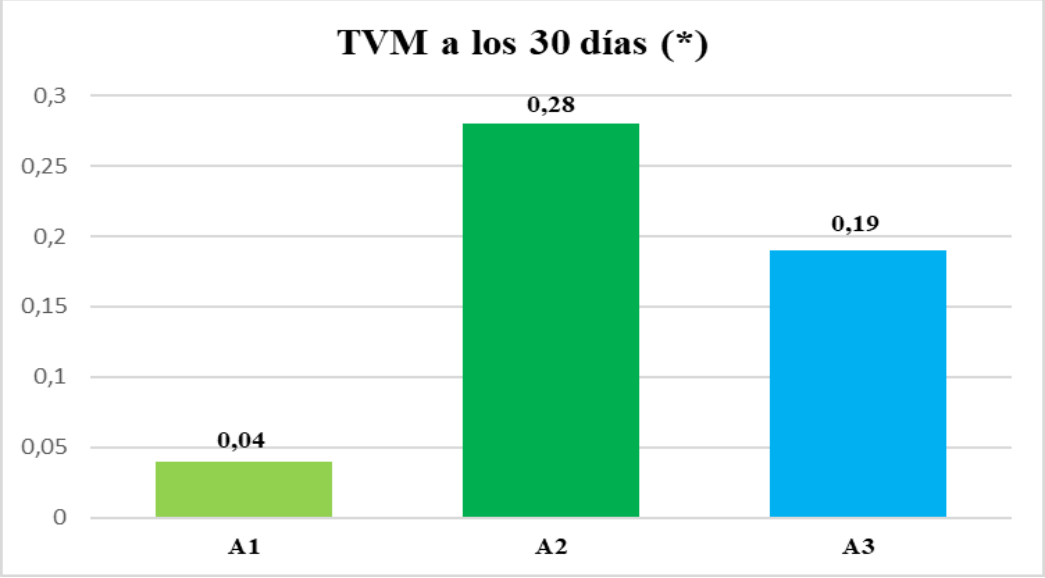
Cuadro 63

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable TVM a los 30 días

FA	Medias	R
2	0.28	A
3	0.19	B
1	0.04	C

Gráfico 37

Promedios de la variable TVM para el factor A a los 30 días



En referencia a la taza de velocidad, evaluado en el FA: Tipos d Citoquininas, a los A los 30 días, el Factor A2 (Kinetina) muestra la mayor un valor de 0.28, seguido por el Factor A3 (Benzil amino purina) con 0.19, y el Factor A1 (Bencil adenina) tiene la menor TVM con 0.04. Esto indica que la Kinetina (A2) tiene un efecto más positivo en la TVM a los 30 días.

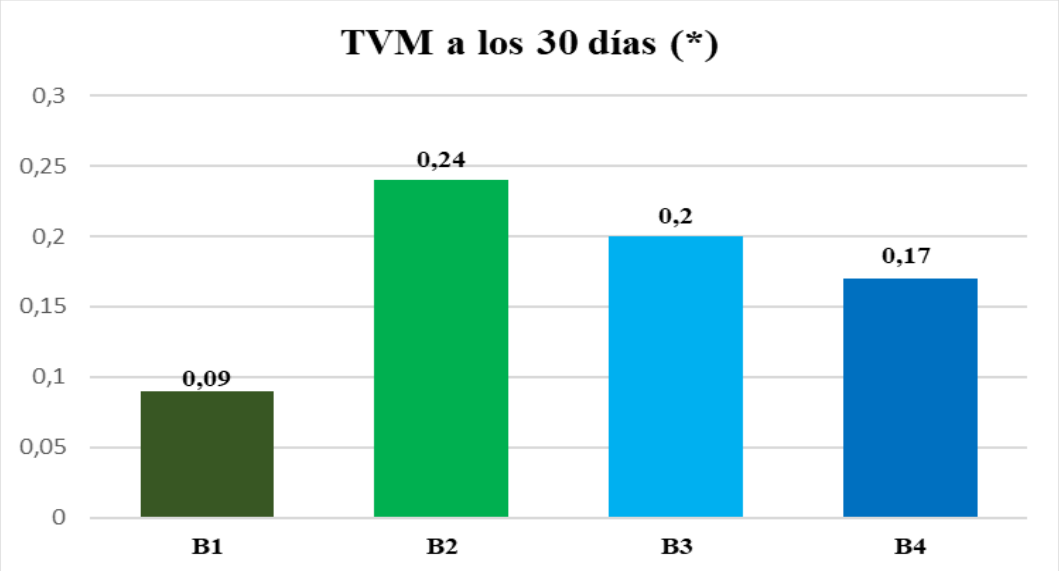
Cuadro 64

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable TVM a los 30 días

FB	Medias	R
2	0.24	A
3	0.20	A
4	0.17	A
1	0.09	B

Gráfico 38

Promedios de la variable TVM para el factor B a los 30 días



A los 30 días, se observa que la Tasa de Velocidad de Multiplicación (TVM) varía según la dosis de citoquinina utilizada. B2 (0.24) muestra la TVM más alta, seguido por B3 (0.20) y B4 (0.17), mientras que B1 (0.09) tiene la TVM más baja. Esto indica que, a los 30 días, la dosis de 2 mg/l (B2) muestra la mejor velocidad de multiplicación, aunque las diferencias entre las dosis no son muy grandes.

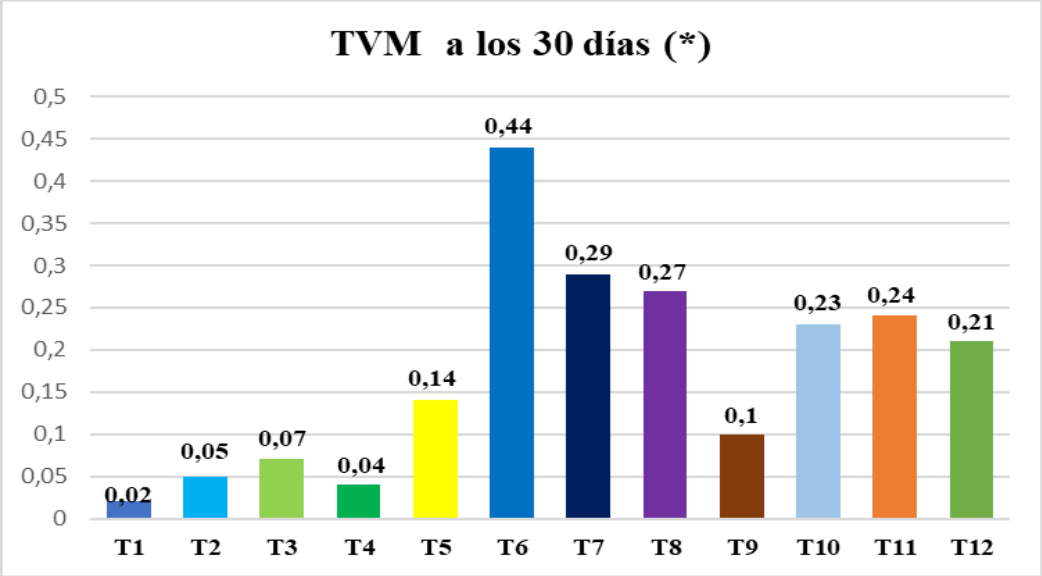
Cuadro 65

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la AB a los 30 días

TRA	Medias	R
1	0.02	A
4	0.04	A
2	0.05	A B
3	0.07	A B C
9	0.10	A B C D
5	0.14	A B C D E
12	0.21	A B C D E
10	0.23	B C D E
11	0.24	C D E
8	0.27	D E F
7	0.29	E F
6	0.44	F

Gráfico 39

Promedios de la variable Taza de velocidad de multiplicación a los 30 días en la interacción AxB



La variable taza de velocidad de multiplicación (TVM) evaluados en tres momentos distintos a los 30, 60 y 90 días, y bajo diferentes tratamientos de citoquininas. En la evaluación a los 30 días el tratamiento T6 (Kinetina + 2 mg/l) con 0.44 seguido del T7 (Kinetina + 4 mg/l) con 0.29. Estos resultados sugieren que la kinetina, especialmente en la concentración más baja, estimula significativamente la multiplicación celular en comparación con otros tratamientos. Por otro lado, los tratamientos con Bencil adenina muestran tasas de velocidad más bajas en general.

Estos resultados sugieren que las formulaciones hormonales aplicadas en el T6 promovieron una mayor tasa de multiplicación en las primeras etapas del cultivo in vitro de ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav**, lo cual es esencial para optimizar los protocolos de propagación.

Estudios recientes han demostrado la influencia significativa de las citoquininas en la micropropagación de especies del género Peperomia. observaron que en ***Peperomia albovittata*** y ***P. galioides***, mientras que la inclusión de BAP no favoreció la organogénesis directa Rojas et al. (2020).

5.14. Taza de velocidad de multiplicación a los 60 días (TVM)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en relación con la variable Taza de Velocidad de Multiplicación (TVM) evaluada a los 60 días, la cual permitió determinar la capacidad de regeneración y proliferación de brotes por explante en ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav**. Esta variable es fundamental en los procesos de propagación in vitro, ya que refleja el ritmo con el que se generan nuevos brotes a partir de un material inicial, lo cual es crucial para optimizar protocolos de micropropagación, permitiendo una producción eficiente y sostenida de plantas en menor tiempo.

Cuadro 66

Resultados de coeficiente de determinación en la variable TVM a los 60 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
TVM	48	0.70	0.56	27.08	TVM 60

Los resultados estadísticos para la variable Taza de Velocidad de Multiplicación (TVM) a los 60 días muestran un coeficiente de determinación (R^2) de 0.70, indicando que el 70% de la variabilidad es explicada por los tratamientos hormonales aplicados. El R^2 ajustado fue de 0.56, confirmando una buena capacidad predictiva del modelo. Aunque el coeficiente de variación (27.08%) refleja una alta variabilidad, esta es aceptable en estudios in vitro debido a la sensibilidad de los explantes a los reguladores de crecimiento y condiciones del cultivo.

Cuadro 67

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable TVM a los 60 días

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
TRAT	0.13	11	0.01	4.68	0.0003

El análisis de varianza para la variable Tasa de Velocidad de Multiplicación (TVM) a los 60 días mostró un p-valor de 0.0003, lo que indica diferencias altamente significativas entre los tratamientos aplicados. El valor de F = 4.68 respalda que los tratamientos hormonales evaluados influyeron de manera contundente en la velocidad de multiplicación de los brotes, confirmando la efectividad de las citoquininas en el desarrollo in vitro de ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav**.

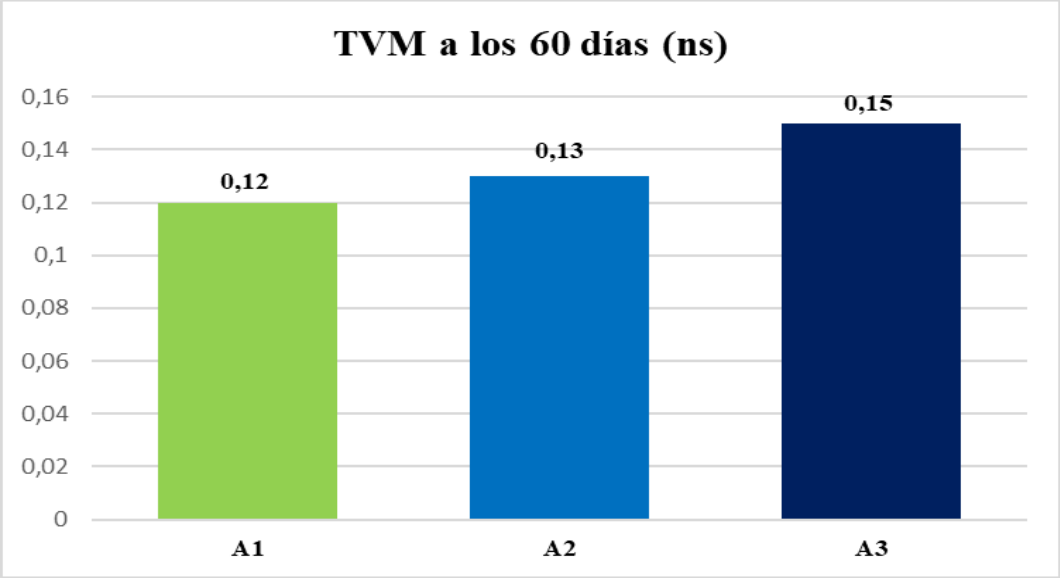
Cuadro 68

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable TVM a los 60 días

FA	Medias	R
3	0.15	A
1	0.13	A
2	0.12	A

Gráfico 40

Promedios de la variable TVM para el factor A a los 60 días



A los 60 días, el patrón muestra que los tres factores tienen valores de TVM cercanos, indicando una tasa de multiplicación similar. A1 (Bencil adenina) tiene una TVM de 0.12, A2 (Kinetina) y A3 (Benzil amino purina) tienen valores de 0.13 y 0.15 respectivamente. Esto sugiere que, a los 60 días, las tres citoquininas tienen efectos de multiplicación similares.

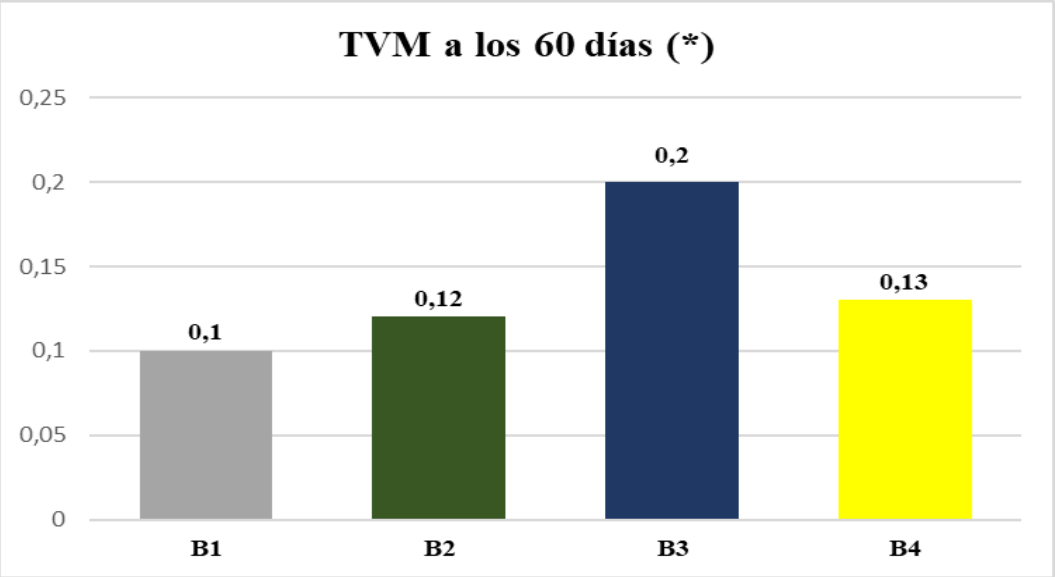
Cuadro 69

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable TVM a los 60 días

FB	Medias	R
3	0.20	A
4	0.13	AB
2	0.12	B
1	0.10	B

Gráfico 41

Promedios de la variable TVM para el factor B a los 60 días



A los 60 días, se repite el patrón anterior. B2 (0.12) tiene la TVM más alta, seguido por B3 (0.20) y B4 (0.13), mientras que B1 (0.10) tiene la TVM más baja. Nuevamente, la dosis de 2 mg/l (B2) muestra la mejor velocidad de multiplicación.

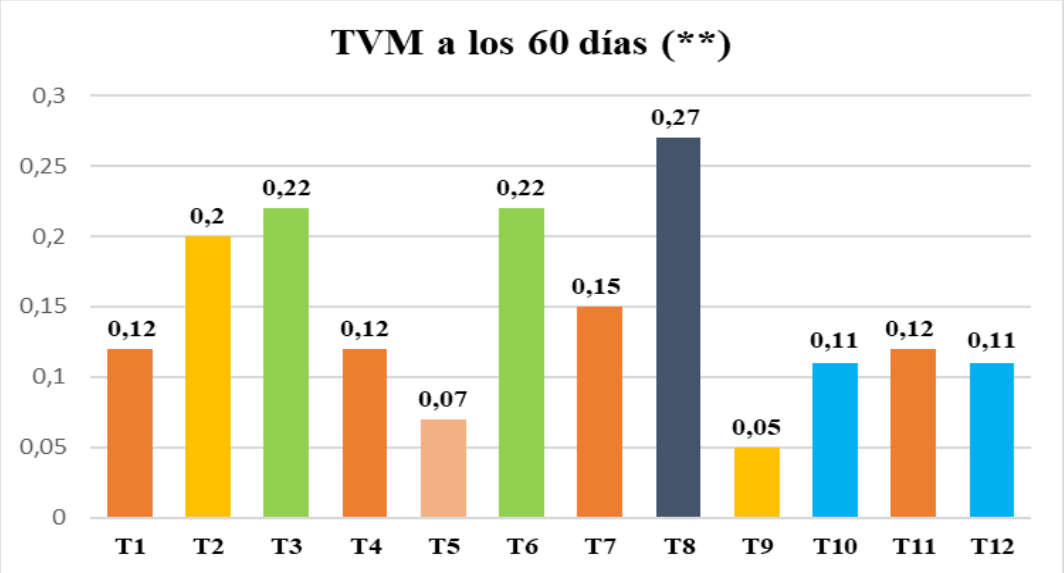
Cuadro 70

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la TVM a los 60 días

TRAT	Medias	R
9	0.05	A
5	0.07	A B
12	0.11	A B C
10	0.11	A B C
1	0.12	A B C
11	0.12	A B C
4	0.12	A B C
8	0.14	A B C
7	0.15	A B C
2	0.20	B C
6	0.22	C
3	0.22	C

Gráfico 42

Promedios de la variable Taza de Velocidad Multiplicación a los 60 días en la interacción AxB



A los 60 días se presentan cambios en donde el T3 (Bencil adenina + 4 mg/l) con 0.22, se presenta como el tratamiento con mayor taza de velocidad de multiplicación seguido de T6 (Kinetina + 2 mg/l) ambos con promedio de 0.22 en esta evaluación los tratamientos a base de Benzil amino purina, muestran tasas comparativamente más bajas. La kinetina parece continuar siendo eficaz en la estimulación de la multiplicación celular a los 60 días.

Estos resultados refuerzan la importancia de seleccionar adecuadamente las concentraciones hormonales durante los ensayos de propagación, ya que un ajuste fino puede traducirse en una mayor eficiencia de multiplicación, crucial para programas de conservación y producción masiva de especies nativas como la ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav**.

5.15. Taza de velocidad de multiplicación a los 90 días (TVM)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en relación con la variable Tasa de Velocidad de Multiplicación (TVM) evaluada a los 90 días, la cual permitió determinar el comportamiento final de la proliferación de brotes por explante en ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav** tras un periodo prolongado de cultivo. Esta variable es determinante para evaluar la eficiencia total del protocolo de propagación in vitro, ya que refleja la capacidad acumulada de multiplicación durante el proceso, evidenciando qué tratamientos hormonales logran mantener o potenciar la regeneración continua de material vegetal, aspecto esencial para la producción masiva y sostenida de plantas en laboratorio.

Cuadro 70

Resultados de coeficiente de determinación en la variable TVM a los 90 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
TVM	48	0.76	0.66	26.62	TVM 90

Los resultados estadísticos para la variable Taza de Velocidad de Multiplicación (TVM) a los 90 días muestran un coeficiente de determinación (R^2) de 0.76, lo que indica que el 76% de la variabilidad observada puede explicarse por los tratamientos hormonales aplicados. El R^2 ajustado de 0.66 confirma que, incluso al considerar el número de factores incluidos en el modelo, este mantiene una buena capacidad explicativa. El coeficiente de variación (CV) fue de 26.62%, lo cual representa una variabilidad moderada y aceptable dentro de estudios de propagación in vitro, donde las respuestas pueden verse influenciadas por la sensibilidad de los explantes y las condiciones del medio de cultivo.

Cuadro 72

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable TVM a los 90 días

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	0.10	11	0.01	7.35	<0.0001

El análisis de varianza para la variable Taza de Velocidad de Multiplicación (TVM) a los 90 días mostró un p-valor menor a 0.0001, lo que evidencia diferencias altamente significativas entre los tratamientos aplicados. El valor de F = 7.35 respalda que las distintas combinaciones de citoquininas influyeron de manera clara en la velocidad de multiplicación de los brotes, demostrando que las formulaciones hormonales tienen un papel determinante en el desarrollo in vitro de ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav**.

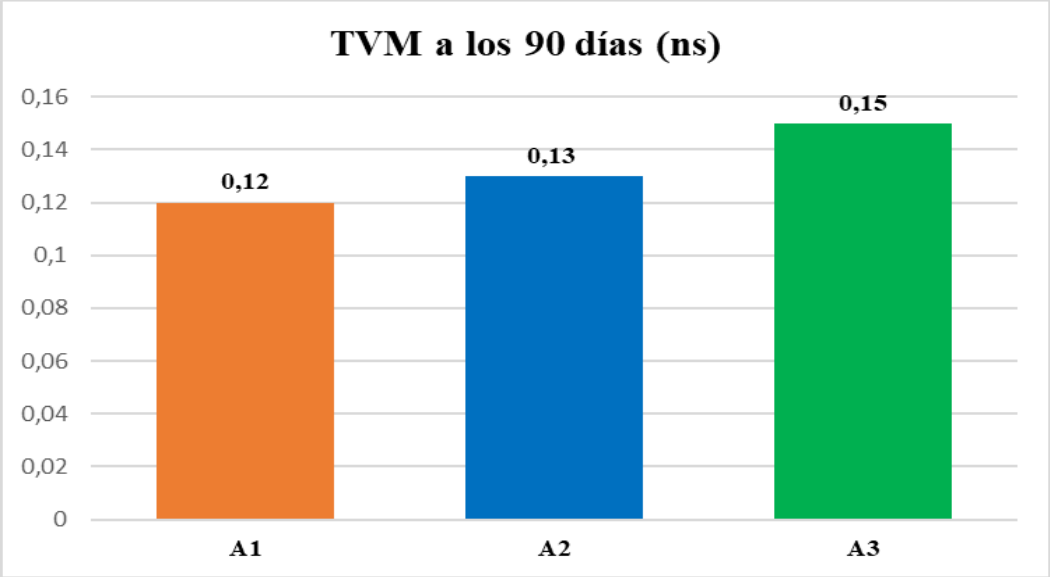
Cuadro 73

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable TVM a los 90 días

FA	Medias	R
3	0.15	A
2	0.13	A
1	0.12	A

Gráfico 43

Promedios de la variable TVM para el factor A a los 90 días



A los 90 días, el patrón es idéntico al de los 60 días, con los tres factores mostrando valores de TVM cercanos. A1 (Bencil adenina) tiene una TVM de 0.12, A2 (Kinetina) y A3 (Benzil amino purina) tienen valores de 0.13 y 0.15 respectivamente. Esto indica que la Taza de Velocidad de Multiplicación se mantiene constante entre los tres tipos de citoquininas a lo largo de los 60 y 90 días.

Estos resultados indican que, a los 30 días, la Kinetina (A2) tiene un efecto más positivo en la multiplicación de brotes. Sin embargo, a los 60 y 90 días, no se observan diferencias significativas en la tasa de multiplicación, ya que sus valores de TVM son similares. Esto sugiere que pueden tener un efecto temporal en la multiplicación de brotes y que, con el tiempo, sus efectos se igualan. Los resultados pueden deberse a la compleja interacción entre las citoquininas y el desarrollo de los brotes a lo largo del tiempo.

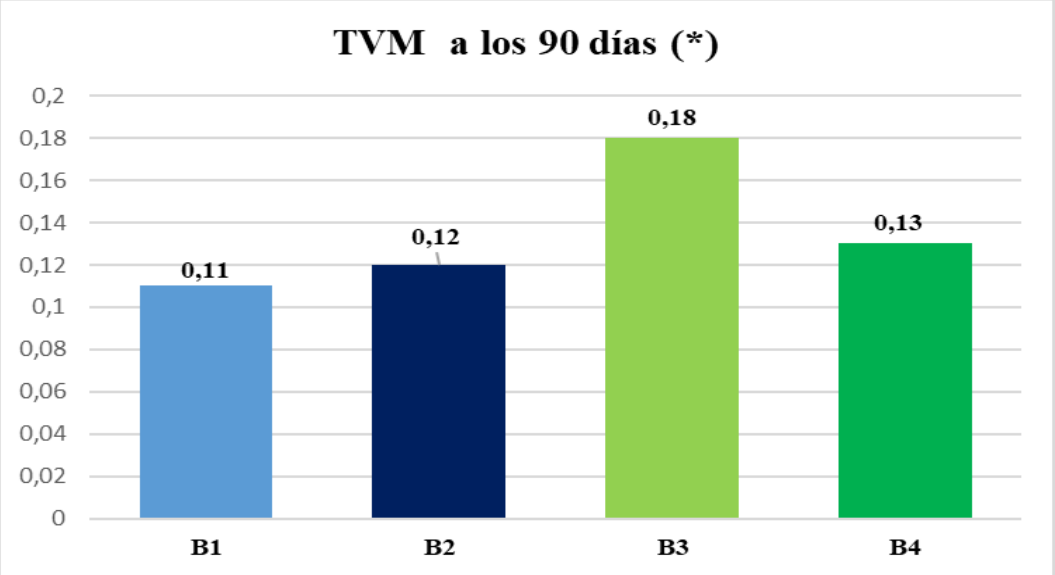
Cuadro 74

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable TVM a los 90 días

FB	Medias	R
3	0.18	A
4	0.13	AB
2	0.12	AB
1	0.11	B

Gráfico 44

Promedios de la variable TVM para el factor B a los 90 días



A los 90 días, se observa un aumento en la TVM en todas las dosis, con B2 (0.12) teniendo la TVM más alta, seguido por B3 (0.18) y B4 (0.13). B1 (0.11) tiene la TVM más baja. En este punto, la dosis de 2 mg/l (B2) muestra la mejor velocidad de multiplicación, aunque las diferencias siguen siendo pequeñas.

La dosis de citoquinina es claramente un factor importante en la tasa de multiplicación. A dosis más altas de citoquinina, como la dosis de 2 mg/l (B2) y 4 mg/l (B3), se observa una mayor tasa de multiplicación en comparación con las dosis más bajas (B1 y B4). Las citoquininas son conocidas por su papel en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas, y una dosis adecuada puede

estimular la multiplicación celular. Sin embargo, dosis excesivas pueden tener efectos negativos.

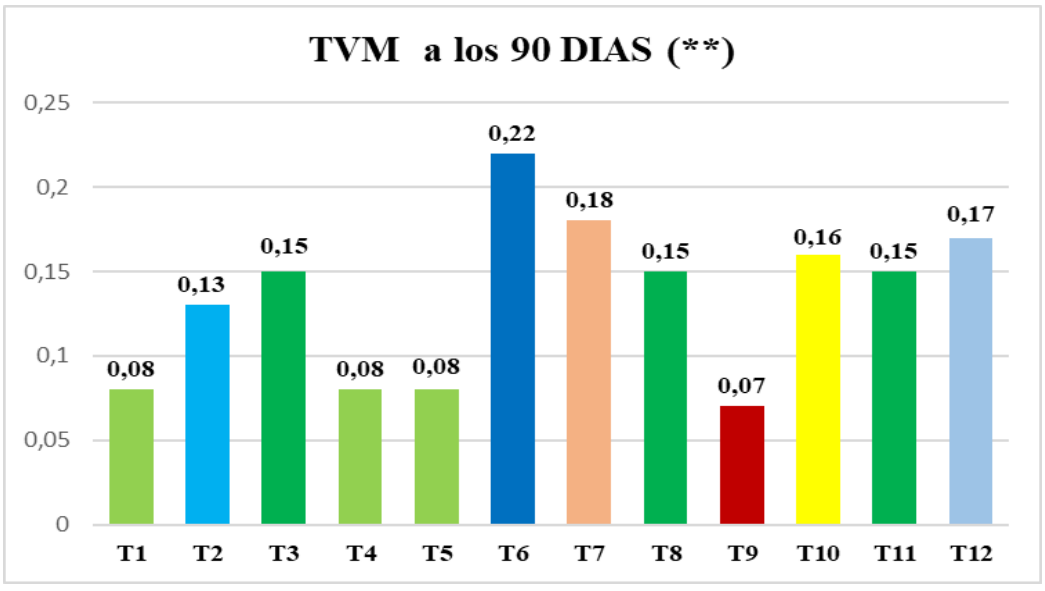
Cuadro 75

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la TVM a los 90 días

TRAT	Medias	R
9	0.07	A
1	0.08	A B
5	0.08	A B
4	0.08	A B C
2	0.13	A B C D
3	0.15	A B C D
11	0.15	A B C D
8	0.15	A B C D
10	0.16	B C D
12	0.17	C D
7	0.18	D
6	0.22	D

Gráfico 45

Promedios de la variable Taza de velocidad de multiplicación a los 90 días en la interacción AxB



A los 90 días, los tratamientos T6 (Kinetina + 2 mg/l) y T7 (Kinetina + 4 mg/l) tienen las tazas de velocidad más altas (0.22 y 0.18 respectivamente), mientras que los tratamientos con Bencil adenina muestran tasas más bajas. Esto sugiere que la kinetina sigue siendo efectiva en la promoción de la multiplicación celular a lo largo del tiempo.

En términos generales, los tratamientos con kinetina tienden a mostrar tasas de velocidad más altas en comparación con los tratamientos con Bencil adenina y Benzil amino purina en los tres períodos de evaluación. La kinetina, como citoquinina, tiene un impacto significativo en la multiplicación celular, y su eficacia parece depender de la concentración utilizada y el tiempo de cultivo.

La kinetina emerge como una citoquinina altamente efectiva para estimular la multiplicación celular en el cultivo in vitro, con su eficacia dependiente de la concentración y persistente a lo largo del tiempo de cultivo. Estos resultados tienen implicaciones prácticas significativas para la propagación eficiente de plantas a partir de tejidos cultivados en entornos controlados (Tigua, 2019).

5.16. Número de frascos contaminados a los 30 días (NFC)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en relación con la variable Número de frascos contaminados (NFC) evaluada a los 30 días, la cual permitió determinar la eficiencia del protocolo de asepsia y la respuesta de los explantes de ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav** frente a posibles agentes contaminantes durante la etapa inicial del cultivo in vitro.

Cuadro 76

Resultados de coeficiente de determinación en la variable NFC a los 30 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
NFC	48	0.85	0.78	24.76	NFC 30

Los resultados estadísticos para la variable Número de frascos contaminados (NFC) a los 30 días muestran un coeficiente de determinación (R^2) de 0.85, lo que indica

que el 85% de la variabilidad observada en los niveles de contaminación puede explicarse por los tratamientos aplicados. El R^2 ajustado fue de 0.78, lo que confirma una alta capacidad explicativa del modelo, incluso al considerar la cantidad de factores evaluados. El coeficiente de variación (CV) fue de 24.76%, lo que refleja una variabilidad considerable, pero aceptable dentro de los estudios de cultivo in vitro, donde la contaminación puede ser influenciada por múltiples factores como la eficacia del protocolo de desinfección, el tipo de explante y las condiciones ambientales del laboratorio.

Cuadro 77

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NFC a los 30 días

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	3.08	11	0.28	16.39	<0.0001

El análisis de varianza para la variable Número de Frascos Contaminados (NFC) a los 30 días mostró un p-valor menor a 0.0001, lo que evidencia diferencias altamente significativas entre los tratamientos aplicados. El valor de F = 16.39 confirma que las distintas combinaciones hormonales utilizadas influyeron significativamente en los niveles de contaminación de los frascos.

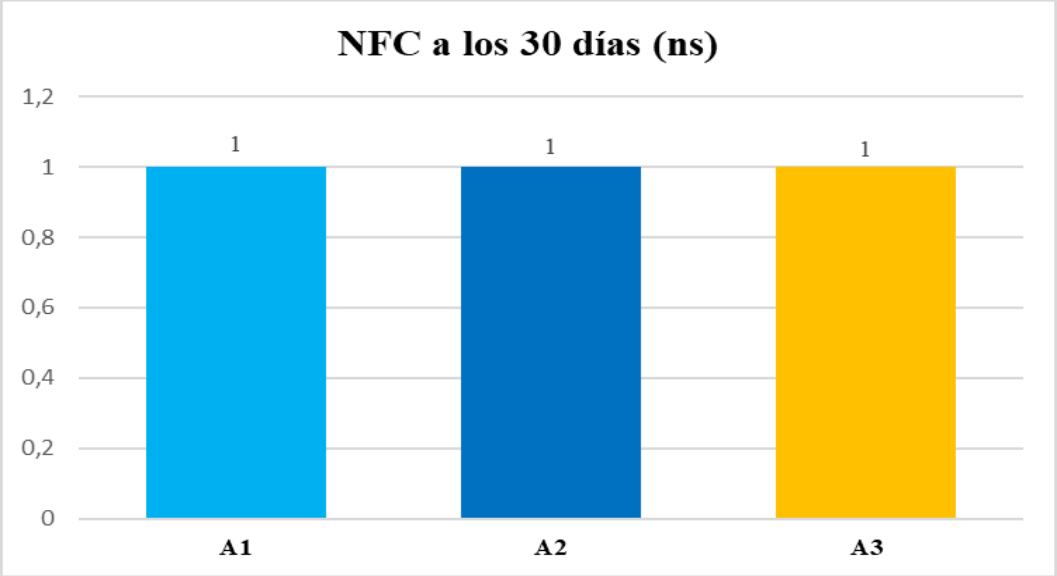
Cuadro 78

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NFC a los 30 días

FA	Medias	R
1	0.33	A
2	0.31	A
3	0.23	A

Gráfico 46

Promedios de la variable NFC para el factor A a los 30 días



En el número de frascos contaminados en la evaluación a los 30 días, en esta variable no se encuentran diferencias en cuanto a sus valores ya que las tres citoquininas presentan 1 frasco contaminando no existiendo diferencia significativa.

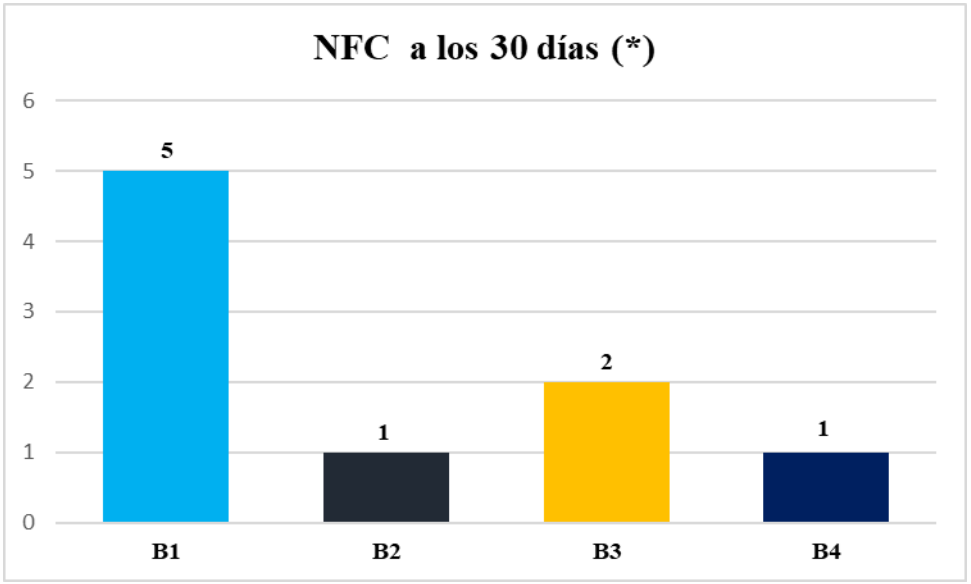
Cuadro 79

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NFC a los 30 días

FB	Medias	R
1	0.71	A
3	0.17	B
4	0.17	B
2	0.13	B

Gráfico 47

Promedios de la variable NFC para el factor B a los 30 días



El número de frascos contaminados a los 30 días, se observan diferencias significativas en la proporción de frascos contaminados entre las diferentes dosis de citoquininas. El tratamiento B1 (0 mg/l) muestra una proporción de frascos contaminados de 5 (A), lo que indica una alta incidencia de contaminación en esta etapa. En contraste, los tratamientos B2 (2 mg/l), B3 (4 mg/l) y B4 (6 mg/l) muestran proporciones significativamente más bajas de frascos contaminados, con valores de 1 y 1 respectivamente para todos ellos. Esto sugiere que las dosis más altas de citoquininas tienen un efecto protector contra la contaminación a los 30 días.

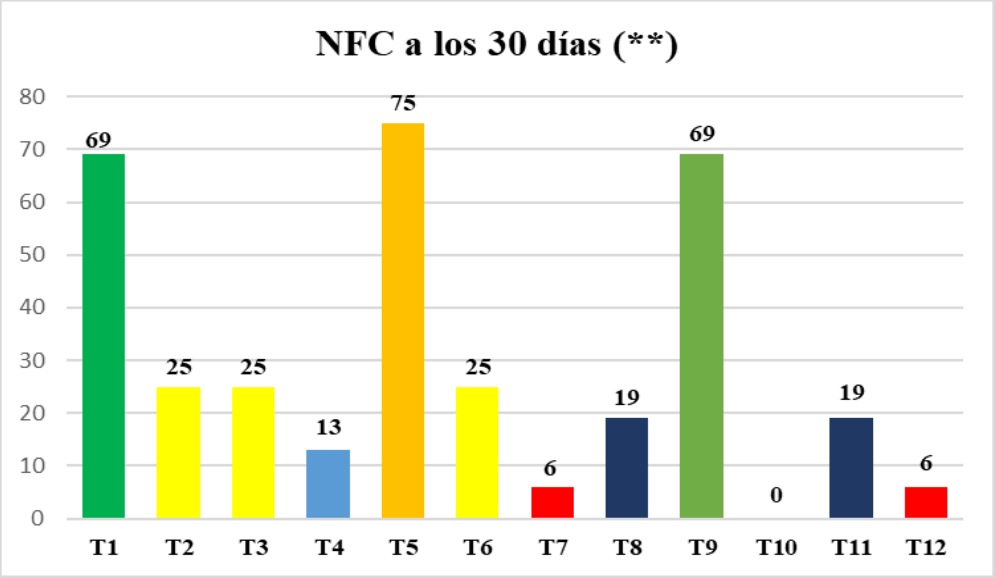
Cuadro 80

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la NFC a los 30 días

TRAT	Medias	R
10	0.00	A
7	0.06	A B
12	0.06	A B
4	0.13	A B
11	0.19	A B
8	0.19	A B
3	0.25	A B
2	0.25	A B
6	0.25	A B
9	0.69	B
1	0.69	B
5	0.75	B

Gráfico 48

Promedios de la variable Número de frascos contaminados NFC a los 30 días en la interacción AxB



En la variable número de frascos contaminados a los 30 días, se observa una variación significativa en la contaminación de los frascos según los tratamientos. El T5 (Kinetina + 0 mg/l) presenta la mayor cantidad de frascos contaminados (1), indicando una mayor susceptibilidad a la contaminación en presencia de kinetina. Contrariamente, el T10 (Benzil amino purina + 2 mg/l) muestra una resistencia notable al no presentar ningún frasco contaminado. Este resultado sugiere que la adición de 2 mg/l de Benzil amino purina puede tener un efecto protector.

Estos resultados sugieren que dichos tratamientos contribuyeron a mantener mejores condiciones de asepsia, posiblemente por la influencia de ciertas concentraciones hormonales que no favorecieron el crecimiento microbiano o por su compatibilidad con el medio de cultivo.

Estudios recientes han señalado que el tipo y la concentración de reguladores de crecimiento pueden influir indirectamente en la contaminación de los cultivos. Ciertos tratamientos hormonales alteran el pH del medio o la consistencia del gel, creando condiciones más susceptibles a la contaminación microbiana en cultivos. Esto refuerza la importancia de seleccionar adecuadamente tanto el tipo como la concentración de citoquininas para garantizar protocolos eficientes y seguros en micropropagación Lapiz et al., (2020)

5.17. Número de frascos contaminados a los 60 días (NFC)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en relación con la variable Número de Frascos Contaminados (NFC) evaluada a los 60 días, la cual permitió determinar la eficacia del protocolo de desinfección a mediano plazo, así como la capacidad de los tratamientos hormonales para mantener condiciones asépticas sostenidas en cultivos de ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav**. Esta variable es crucial, ya que una baja incidencia de contaminación durante este periodo refleja no solo un protocolo inicial efectivo, sino también una formulación del medio de cultivo que favorece la estabilidad microbiológica y la integridad del material vegetal a lo largo del tiempo.

Cuadro 81

Resultados de coeficiente de determinación en la variable NFC a los 60 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
NFC	48	0.70	0.57	27.08	NFC 60

Los resultados estadísticos para la variable Número de frascos contaminados (NFC) a los 60 días muestran un coeficiente de determinación (R^2) de 0.70, lo que indica que el 70% de la variabilidad observada en los niveles de contaminación puede explicarse por los tratamientos aplicados. El R^2 ajustado fue de 0.57, lo que evidencia una capacidad explicativa adecuada del modelo, considerando la cantidad de tratamientos evaluados. El coeficiente de variación (CV) fue de 27.08%, lo que representa una variabilidad moderada, aceptable en estudios de cultivo in vitro, donde los niveles de contaminación pueden verse influenciados por múltiples factores como el tipo y concentración de reguladores de crecimiento, la respuesta fisiológica del explante y la estabilidad del medio de cultivo durante el tiempo de incubación.

Cuadro 81

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NFC a los 60 días

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	0.13	11	0.01	4.68	<0.0003

El análisis de varianza para la variable Número de Frascos Contaminados (NFC) a los 60 días mostró un p-valor menor a 0.0003, lo que indica la presencia de diferencias altamente significativas entre los tratamientos aplicados. El valor de F = 4.68 respalda que las distintas formulaciones hormonales influyeron de forma clara en los niveles de contaminación de los frascos, evidenciando que ciertos tratamientos pueden haber favorecido o limitado el desarrollo de agentes contaminantes durante el cultivo in vitro de ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav**.

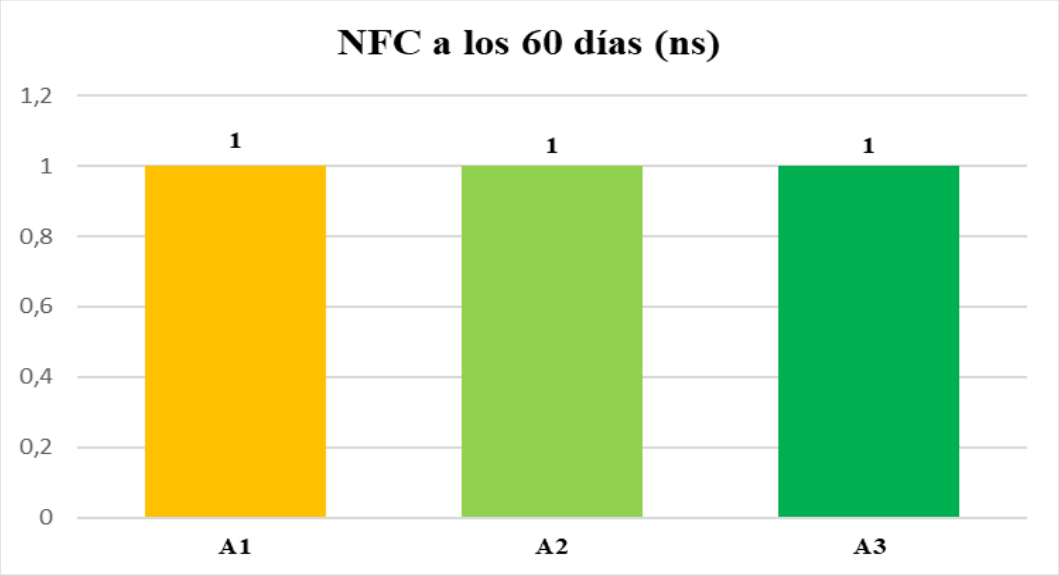
Cuadro 83

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NFC a los 60 días

FA	Medias	R
2	0.19	A
1	0.17	A
3	0.17	A

Gráfico 49

Promedios de la variable NFC para el factor A a los 60 días



A los 60 días, los factores A1 y A3 tienen valores de NFC en esta variable no se encuentran diferencias e cuanto a sus valores ya que las tres citoquininas presentan 1 frasco contaminando no existiendo diferencia significativa.

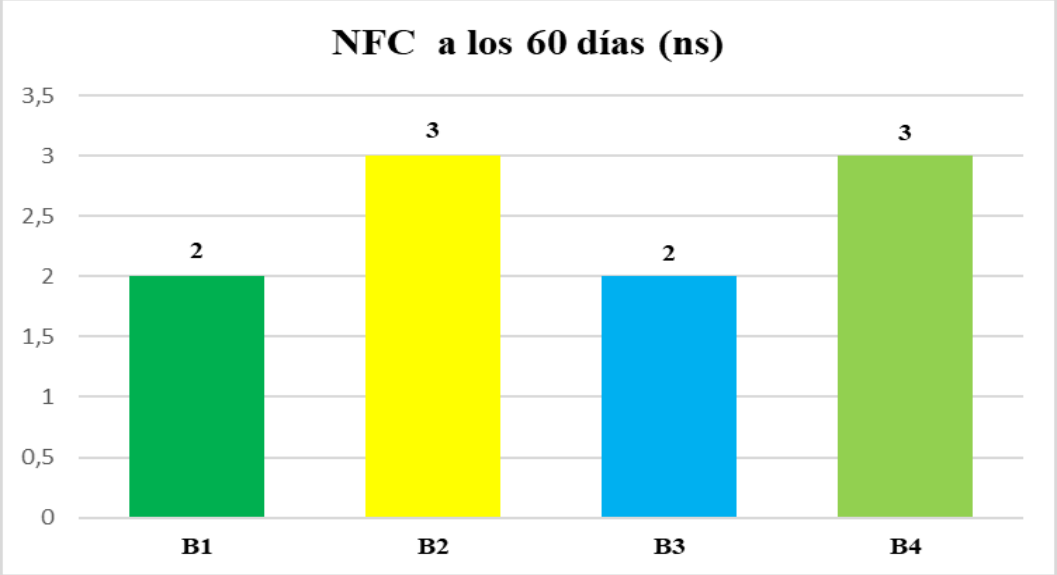
Cuadro 84

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NFC a los 60 días

FB	Medias	R
1	0,19	A
3	0,17	A
4	0,17	A
2	0,19	A

Gráfico 50

Promedios de la variable NFC para el factor B a los 60 días



A los 60 días, los resultados muestran una tendencia interesante en la proporción de frascos contaminados. En este punto, tanto los tratamientos B1 como B3 muestran una proporción de frascos contaminados de 2, que es ligeramente baja que los observados en los tratamientos B2 y B4. No se encuentran mayor contaminación en cuanto a la variación de la dosis.

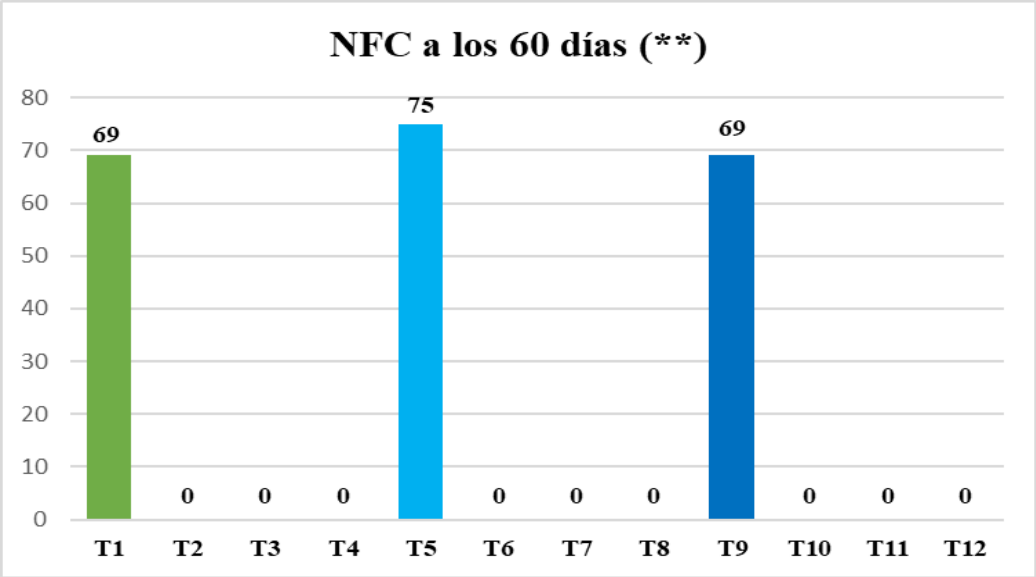
Cuadro 85

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la NFC a los 60 días

TRAT	Medias	R
9	0.05	A
5	0.07	A B
12	0.11	A B C
10	0.11	A B C
1	0.12	A B C
11	0.12	A B C
4	0.12	A B C
8	0.14	A B C
7	0.15	A B C
2	0.20	B C
6	0.22	C
3	0.22	C

Gráfico 51

Promedios de la variable número de frascos contaminados a los 60 días en la interacción AxB



Los resultados obtenidos para la variable Número de Frascos Contaminados (NFC) a los 60 días muestran que los tratamientos en su mayor parte tienen valores de 0 frascos contaminados, siendo el valor más alto el T5 (kinetina+ 0mg/l) con 75 frascos contaminados.

Estos resultados sugieren que los tratamientos con menor nivel de contaminación contribuyeron a mantener mejores condiciones de asepsia, posiblemente debido a la acción de ciertas concentraciones hormonales que no favorecieron el desarrollo microbiano o por su compatibilidad con el medio de cultivo.

Algunos reguladores de crecimiento pueden modificar propiedades del medio, como el pH o la consistencia del gel, haciéndolo más o menos propenso a la contaminación. Esto resalta la importancia de seleccionar cuidadosamente tanto el tipo como la concentración de citoquininas para lograr protocolos eficientes y seguros en la micropropagación de ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav** (Alcantara et al., 2019).

5.18. Número de frascos contaminados a los 90 días (NFC)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en relación con la variable Número de Frascos Contaminados (NFC) evaluada a los 90 días, la cual permitió evaluar la estabilidad del protocolo de asepsia a largo plazo en los cultivos in vitro de ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav**. Esta variable resulta fundamental para determinar si las condiciones del medio de cultivo y la acción prolongada de los tratamientos hormonales logran mantener un entorno libre de contaminantes durante el ciclo completo de propagación.

Cuadro 86

Resultados de coeficiente de determinación en la variable NFC a los 90 días

Variable	N	R^2	Aj	CV	Variable
NFC	48	0.93	0.90	27.08	NFC 90

Los resultados estadísticos para la variable Número de Frascos Contaminados (NFC) a los 90 días indican un coeficiente de determinación (R^2) de 0.93, lo que significa que el 93% de la variabilidad en los niveles de contaminación puede atribuirse a los tratamientos hormonales aplicados. El R^2 ajustado fue de 0.90, lo que confirma que el modelo mantiene una capacidad explicativa adecuada aun considerando el número de tratamientos evaluados. El coeficiente de variación (CV) fue de 27.08%, reflejando una variabilidad moderada y aceptable en estudios de cultivo in vitro, donde diversos factores pueden influir en los niveles de contaminación observados.

Cuadro 87

Resultados del análisis de varianza ADEVA en la variable NFC a los 90 días

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	3.68	11	0.33	38.56	<0.0001

El análisis de varianza para la variable Número de Frascos Contaminados (NFC) a los 90 días mostró un p-valor menor a 0.0001, lo que evidencia diferencias altamente significativas entre los tratamientos aplicados. El valor de F = 38.56 confirma que las distintas formulaciones hormonales influyeron de manera contundente en los niveles de contaminación observados en los frascos.

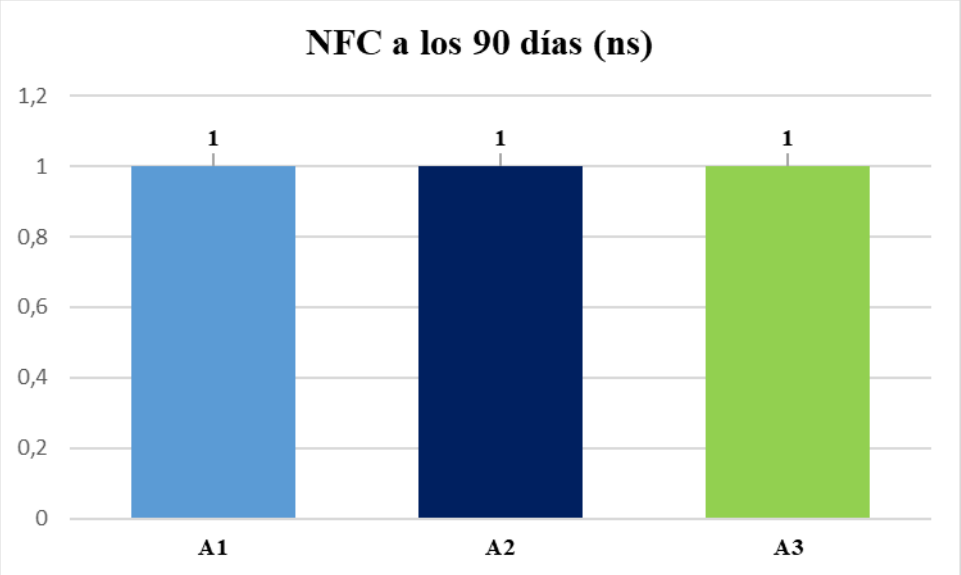
Cuadro 88

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor A en la variable NFC a los 90 días

FA	Medias	R
2	21.88	A
3	20.31	A
1	17.19	A

Gráfico 52

Promedios de la variable NFC para el factor A a los 90 días



En el número de frascos contaminados en la evaluación a los 90 días, presentan un mismo valor en cuanto se refiere a contaminación, no se encuentra diferencia significativa.

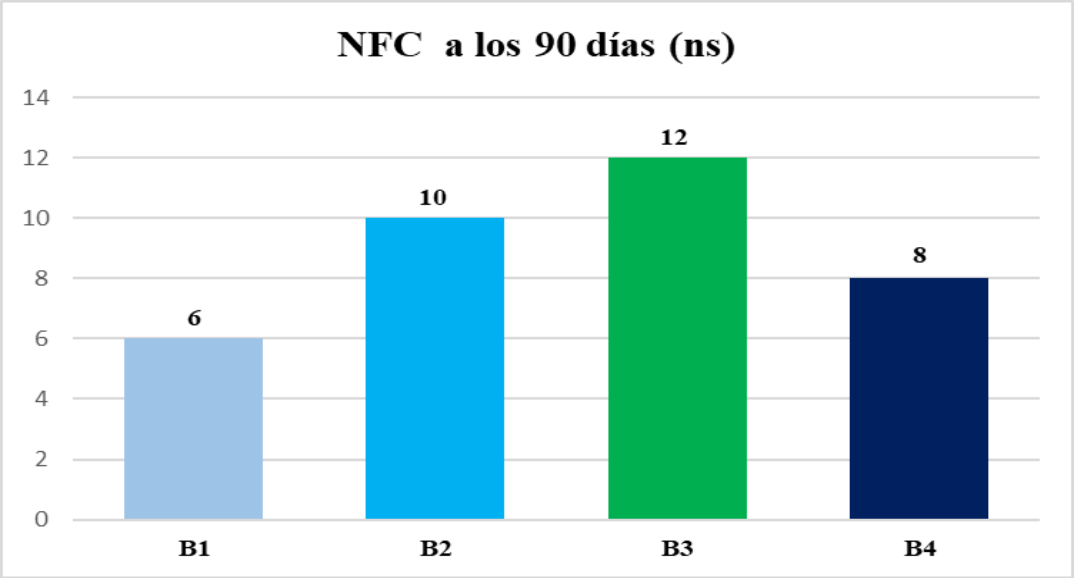
Cuadro 89

Resultados de la prueba de TUKEY para el factor B en la variable NFC a los 90 días

FB	Medias	R
2	22.92	A
3	20.83	A
1	18.75	A
4	16.67	A

Gráfico 53

Promedios de la variable NFC para el factor B a los 90 días



A los 90 días, se observan cambios adicionales en la proporción de frascos contaminados. Los tratamientos B1 (0 mg/l) y B4 (6 mg/l) muestran una proporción de frascos contaminados de 1 y 8, respectivamente, lo que indica que las dosis más bajas y más altas tienen proporciones de frascos contaminados similares. Por otro lado, los tratamientos B2 (2 mg/l) y B3 (4 mg/l) muestran proporciones de frascos contaminados ligeramente más altas, con valores de 10 y 12, respectivamente. Esto sugiere que, a los 90 días, las dosis más bajas y más altas tienden a tener una proporción de frascos contaminados similar, mientras que las dosis intermedias muestran una proporción un poco más alta de frascos contaminados.

Las dosis de citoquininas pueden tener un impacto en la salud y la vitalidad de las plantas o explantes cultivados. Si las plantas son más robustas y saludables debido a dosis adecuadas de citoquininas, es más probable que sean resistentes a la contaminación (Barcia, 2020)

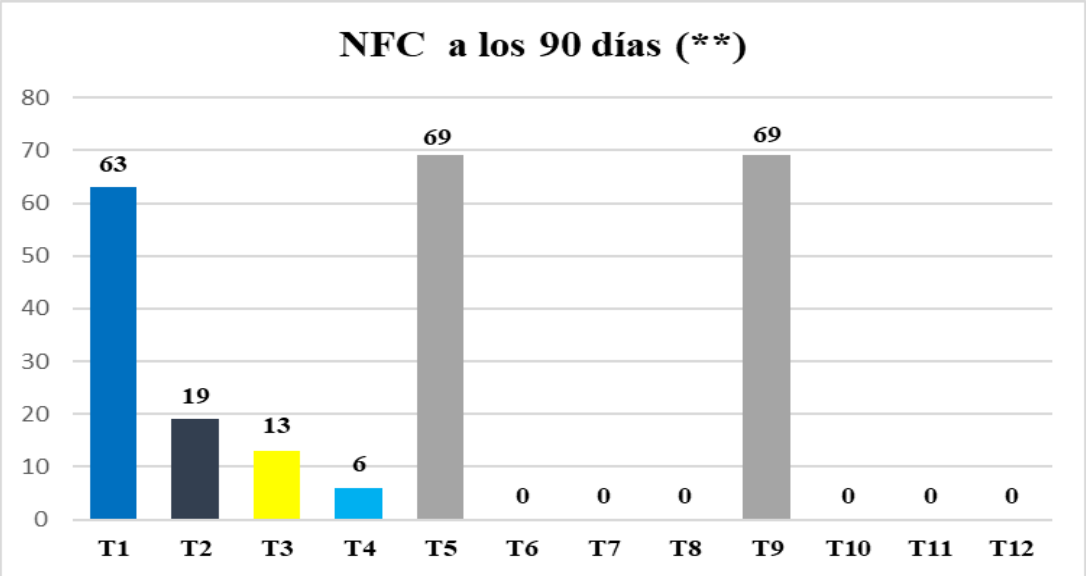
Cuadro 90

Resultados de la prueba de TUKEY para la interacción AxB en la NFC a los 90 días

TRAT	Medias	R
7	0.00	A
6	0.00	A
8	0.00	A
11	0.00	A
10	0.00	A
12	0.00	A
4	0.06	A
3	0.13	A
2	0.19	A
1	0.63	B
5	0.69	B
9	0.69	B

Gráfico 54

Promedios de la variable Número de frascos contaminados NFC a los 90 días en la interacción AxB



La evaluación a los 90 días confirma la influencia significativa de la kinetina la misma que se asocia consistentemente con una mayor susceptibilidad a la contaminación, mientras que los tratamientos que incluyen Bencil adenina muestran resistencia, especialmente a concentraciones más altas. Estos resultados podrían estar relacionados con las propiedades químicas de las citoquininas y su impacto en las condiciones del medio de cultivo.

Las citoquininas pueden interactuar de manera compleja con otros componentes del medio de cultivo. Es posible que la combinación específica de citoquininas y sus concentraciones influya en la flora microbiana presente en el cultivo, afectando la susceptibilidad a la contaminación.

La fuente principal de contaminación suele ser el propio medio de cultivo. Si no se esteriliza adecuadamente antes de su utilización, puede contener microorganismos indeseados que proliferan en el ambiente propicio del cultivo in vitro (Moreno, 2022)

La manipulación inadecuada durante el proceso de inoculación y traslado de explantes puede introducir microorganismos contaminantes. La falta de prácticas de asepsia rigurosas, como la esterilización de instrumentos y la limpieza de superficies de trabajo, puede aumentar el riesgo de contaminación (Santiago, 2021).

La temperatura, la humedad y la iluminación inapropiadas pueden crear un entorno propicio para el crecimiento de contaminantes. Un desequilibrio en estas condiciones puede favorecer la proliferación de microorganismos patógenos. A medida que el tiempo de cultivo se prolonga, aumenta la probabilidad de contaminación. Los cultivos más extensos brindan más oportunidades para la entrada de contaminantes desde el entorno circundante (Viera, 2020).

VI. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Ho:

Los explantes de congona mediante la multiplicación in vitro utilizando tres tipos de citoquininas en tres dosis son similares.

H_a:

Los explantes de congona mediante la multiplicación in vitro utilizando tres tipos de citoquininas en tres dosis son diferentes.

De acuerdo al modelo matemático utilizado el cual fue Diseño de Completamente al Azar (DCA) y la separación de medias con la prueba de Tukey al 5% en función que los tratamientos son un factor cuantitativo, con una evidencia estadística y científica del 95% de seguridad los ex plantes evaluados en el laboratorio de biotecnología de Laguacoto II, fue muy diferente para las variables: Número de brotes por ex plante (NBE), número de hojas por brote (NHB), altura del brote (AB), tasa de velocidad de multiplicación (TVM), número de frascos contaminados (NFC).

Se acepta en esta investigación la hipótesis alterna y el mejor tratamiento para su multiplicación in vitro fue T6 (kinetina + 2 mg/l).

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

En función de los resultados obtenidos de las citoquininas utilizadas en la congona (***Peperomia inaequalifolia* Ruiz & Pav**.) validada en el Laboratorio de biotecnología de Laguacoto II se sintetiza las siguientes conclusiones:

- La respuesta de la multiplicación in vitro utilizando diferentes tipos de citoquininas y dosis en los explantes de congona (***Peperomia inaequalifolia Ruiz & Pav***.) fueron muy diferentes en condiciones controladas de laboratorio.

- La citoquinina que tuvo mejor multiplicación de brotes en relación a los demás tratamientos fue la Kinetina, con 19.63 brotes por explante.

- Finalmente, el tratamiento que obtuvo una mejor respuesta para las variables número de brotes por explante, numero de hojas por brote, altura de brote y tasa de velocidad de multiplicación fue T6 (Kinetina+2mg/l).

7.1. Recomendaciones

Las recomendaciones formuladas a continuación se derivan de un exhaustivo análisis de los resultados obtenidos en el estudio sobre la multiplicación in vitro de explantes de congona, considerando factores cruciales como la dosis y el tipo de citoquininas.

- Implementar prácticas de esterilización rigurosas para equipos, medios de cultivo y utensilios.

- Asegurar que los reactivos, especialmente las citoquininas, se almacenen correctamente y se utilicen antes de su fecha de caducidad.

- Proporcionar condiciones ambientales adecuadas, como sombreado y humedad controlada, en el invernadero al momento de la aclimatación para evitar que las plantas se contaminen y ya no puedan ser utilizadas en las investigaciones.

- Brindar a los agricultores capacitación continua sobre las mejores prácticas agronómicas para el cultivo de congona, con énfasis en la multiplicación in vitro.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, M (2024). Congona. Obtenido de: https://herbario.istmas.edu.ec/piperaceae/congona/

Aguilar, M. (2021). Establecimiento de cultivos en suspensión de ***Daucus carota*** para el desarrollo de vacunas contra poliovirus. Obtenido de http://www.riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/1716

Alcantara, J., Acero, J., Alcántara, J., & Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702019000200109

Balogh, A (2024). Guía para el cultivo de plantas de peperomia. Obtenido de: https://www-gardendesign-com.translate.goog/houseplants/peperomia.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Basail, M., Medero, V., Rayas, A., Santos, A., Trujillo, S., & Beovides, Y. (2020). Propagación in vitro del cultivar de plátano burro 'INIVITPB-2012' en Sistema de Inmersión Temporal. Obtenido de https://bionaturajournal.com/files/N2024.01.04.14.pdf

Conservación, C. d. (2021). Universidad Nacional Agraría la Molina.

Damasco, L. (2013). "Cultivo de tejidos vegetales. Medios de cultivo." Instituto Tecnológico De Cd. Altamirano, Gro.

Fernandez, M (2023). Efectos de fitorreguladores en la callogénesis de flores de cacao (***Theobroma cacao*** L.), variedad nacional, en Milagros-Guayas. Obtenido de: https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/FERNANDEZ%20BARCO%20MANUEL%20ANTONY.pdf

Gil, A., Ariza, C., Castillo, L., & Salgado, L. (2019). Inducción de organogénesis in vitro con 6-bencilaminopurina en Cattleya trianae Linden & Rchb.f. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/337135560_Induccion_de_organ ogenesis_in_vitro_con_6- bencilaminopurina_en_Cattleya_trianae_Linden_Rchbf

Gutiérrez, A (2019). Reguladores de crecimiento en el cultivo in vitro de tres cultivares portainjertos de vid (***Vitis vinifera*** L.) para su uso en la industria del pisco. Revista Scientia Agripecuaria. Obtenido de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172019000400002

Herrera, S. (2022). Efecto inductivo in vitro de citoquininas sobre el brotamiento de segmentos nodales de palo de rosa (***Aniba rosiodora*** Ducke). Obtenido de https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/5aad9e5b-4c30-41e8-a6e2-7ec438593435/content

Herrera. (2021).Obtenido de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/21060/1/56T01282.pdf

Lapiz, Y., Huamán, E., Neri, J., & Oliva, S. (2020). Efecto de reguladores de crecimiento en el establecimiento in vitro de ***Vasconcellea*** sp., a partir de meristemos apicales en Chachapoyas, Amazonas. Obtenido de https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/download/542/896/2805

López, J., & Cedeño, G. (2021). Efectos de bencilaminopurina y tipo de brotes en la producción y calidad de plántulas de plátano vía macropropagación. Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria, 3-16. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2664-09022021000300003&script=sci_arttext

Moreno, L. (2022). Optimización de los procesos de esterilización del medio de cultivo y el sellado de frascos para la producción masiva de vitroplantas en laboratorio (Doctoral dissertation, ESPOL. FCV.). Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/53159

Muñoz, R. (2022). Micropropagación de ***Satureja intricata*** var. gracilis (Willk.) R. Morales, G. López & Sánchez-Gómez (***Lamiaceae***). Obtenido de https://riucv.ucv.es/handle/20.500.12466/2723

Nogué, F., Gonneau, M., & Fauré, J (2003). Citoquininas, Revista Academic Press. Obtenido de: https://www-sciencedirect-com.translate.goog/science/article/abs/pii/B0123411033000619?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=

Reque, L (2024). ***Peperomia inaequalifolia*** **Ruiz &Pav** (Congona). Obtenido de: https://lomareque.blogspot.com/p/congona.html

Rojas, C., Olivera, M., & Delgado, G. (2020). Propagación in vitro de ***Peperomia albovittata*** y ***Peperomia galioides*** por organogénesis. Obtenido de https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/661

Roldán, C. (2025). Evaluación de la callogénesis in vitro en explantes jóvenes de durazno (***Prunus Persica*** L). Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/30053

Santiago, Y. (2021). Efecto de las bajas temperaturas en la germinación in vitro de Bro-melia (***Tillandsia bourgaei***). Revista Ingeniantes, 1. Obtenido de https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes8no1vol1/5%20Bromelia%20in%20vitro.pdf

Sarmiento, A. (2021). Identificación, historia, características y aplicaciones culinarias de cinco plantas aromáticas endémicas de América. Monografía previa a la obtención del título de Licenciado en Gastronomía y Servicios de Alimentos y Bebidas.

Sifuentes, A. (2024). Efecto de aplicación de diferentes dosis de citoquininas en el rendimiento de frutas de palto (***Persea americana*** L.) var. hass en Chimbote, Ancash. Obtenido de: https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/9304/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Solano, S. (2024). Acción profiláctica de ácidos orgánicos comerciales frente a ***Vibrios spp*** en sistema de cultivo semiintensivo de ***Litopenaeus vannamei***. https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/11680

Tigua, L. (2019). Efectos de la fitohormona kinetina en el crecimiento de plántulas de la especie arábiga injertadas sobre patrón robusta en vivero JIPIJAPA-UNESUM). Obtenido de: https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1805

Ugsha, E (2022). Obtención de plantas in vitro del cultivo de la frambuesa (***Rubus idaeus***) mediante micropropagación, en el cantón Cevallos, provincia Tungurahua. Obtenido de: https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4a0b504f-0308-4ed4-a7db-d5660c152315/content

UTEC (2025). Cultivo "in vitro" de tejidos vegetales. Obtenido de: https://utec.edu.pe/blog-de-carreras/bioingenieria/cultivo-vitro-de-tejidos-vegetales

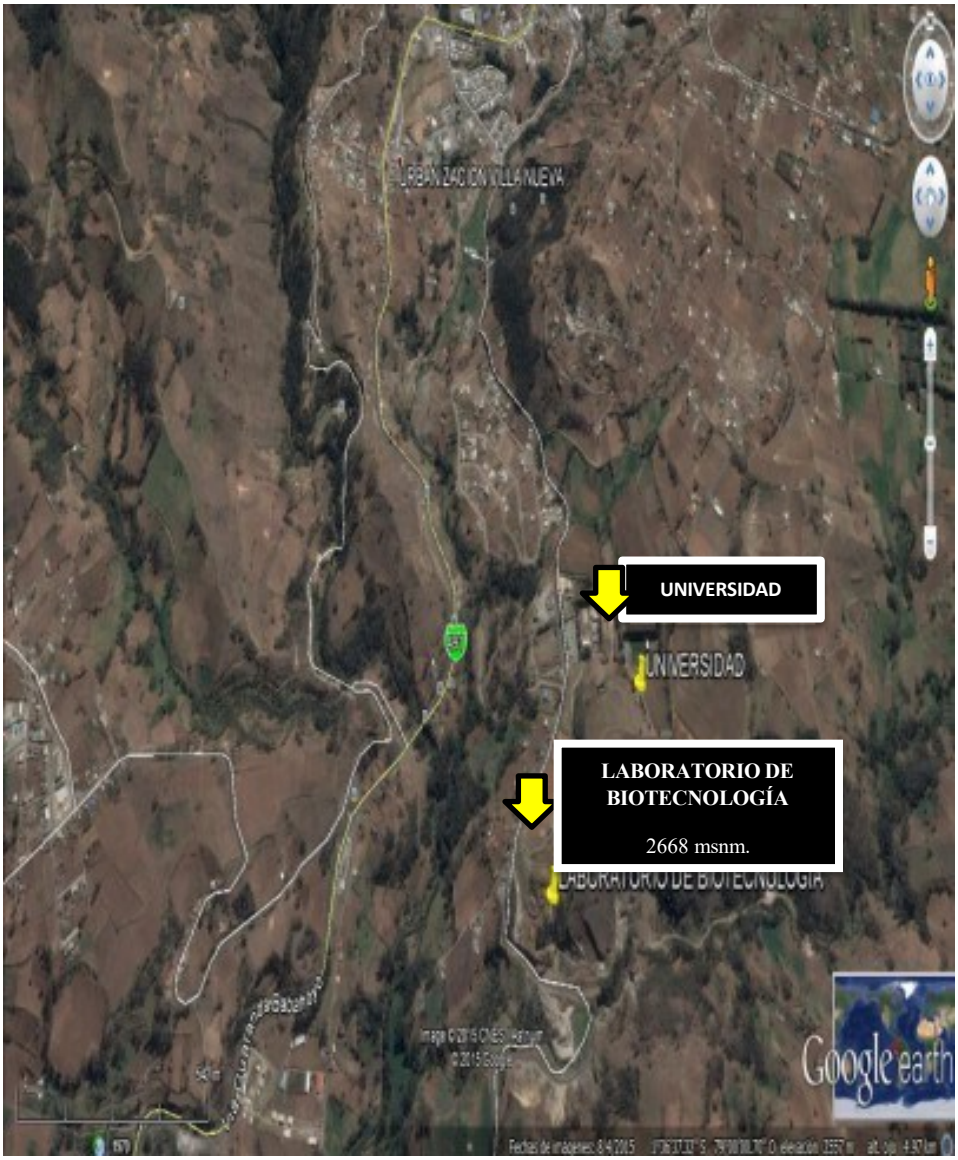
Valle, R (2021). Efecto de los reguladores de crecimiento en la multiplicación in vitro de plátano (*Musa* × *paradisiaca* L.): Revisión de Literatura Obtenido de: https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/a1f1ebbb-a513-460a-9173-45a8466e3749/content

Viera, L. (2020). Evaluación de la fase de germinación in vitro en balsa ***Ochroma pyramidale*** urb (Bachelor's thesis, Universidad Estatal Amazónica). Obtenido de https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/800

Zuñiga (2023). Aplicación de reguladores de crecimiento para germinación in vitro de embriones cigóticos de Quijo (Passiflora popenovvi Killip) bajo dos temperaturas. Obtenido de: https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/27ef8d1b-8a3e-44e5-8347-12eb1eae6008/content

ANEXOS

Anexo 1 Mapa físico de la localidad donde se realizó la investigación



Anexo 2 Base de datos

TRAT	REP	30 DÍAS						60 DÍAS						90 DÍAS					
		DBUE	NBE	NHB	AB	TVM	NFC	DBUE	NBE	NHB	AB	TVM	NFC	DBUE	NBE	NHB	AB	TVM	NFC
T1	1	0	0.5	0	0.625	0.02	0.75	60	4.75	10.5	1.85	0.08	0.75	90	4.75	10.5	1.85	0.05	0.75
T1	2	7.5	0.25	1.5	0.825	0.01	0.5	60	8.25	16	2.65	0.14	0.5	90	8.25	16	2.65	0.09	0.5
T1	3	7.5	1	1.25	0.65	0.03	0.75	60	7.25	15.5	1.9	0.12	0.75	90	7.25	15.5	1.9	0.08	0.75
T1	4	0	0.75	0.5	1.025	0.03	0.75	60	7.25	14.5	2.675	0.12	0.75	90	7.25	14.5	2.675	0.08	0.5
T2	1	0	1	0	0.65	0.03	0.25	60	9	14.5	1.85	0.15	0	90	9	14.5	1.85	0.10	0
T2	2	7.5	0.75	1.5	0.9	0.03	0.25	60	8	13.5	2.1	0.13	0	90	8	13.5	2.1	0.09	0.25
T2	3	7.5	2.25	1.25	0.9	0.08	0.25	60	18	31	2.175	0.30	0	90	18	31	2.175	0.20	0.25
T2	4	0	2	0.5	0.95	0.07	0.25	60	12	24.5	2.225	0.20	0	90	12	24.5	2.225	0.13	0.25
T3	1	0	1	0.25	0.75	0.03	0.25	60	5.25	10.75	1.8	0.09	0	90	5.25	10.75	1.8	0.06	0
T3	2	15	1.75	1.5	0.675	0.06	0.25	60	8.25	14.5	1.925	0.14	0	90	8.25	14.5	1.925	0.09	0.25
T3	3	30	2.75	5	0.55	0.09	0.25	60	21.5	27.5	1.725	0.36	0	90	21.5	27.5	1.725	0.24	0.25
T3	4	30	2.75	6.5	0.85	0.09	0.25	60	18.25	27	2.125	0.30	0	90	18.25	27	2.125	0.20	0
T4	1	0	0.5	0.25	0.8	0.02	0	60	5.75	7.5	1.95	0.10	0	90	5.75	7.5	1.95	0.06	0
T4	2	0	0.5	0.25	0.6	0.02	0.25	60	4.5	7	1.575	0.08	0	90	4.5	7	1.575	0.05	0.25
T4	3	30	2	5.25	0.675	0.07	0	60	11	22.5	1.975	0.18	0	90	11	22.5	1.975	0.12	0
T4	4	0	1	0.5	0.65	0.03	0.25	60	8	15.5	2.125	0.13	0	90	8	15.5	2.125	0.09	0
T5	1	30	2.25	8.25	1.975	0.08	0.75	60	2.25	8.25	1.975	0.04	0.75	90	3	11.5	2.225	0.03	0.75
T5	2	30	3.5	11.75	1.55	0.12	0.75	60	3.5	11.75	1.55	0.06	0.75	90	7.75	15.75	1.825	0.09	0.75

T5	3	30	7	15	1.825	0.23	0.75	60	7	15	1.825	0.12	0.75	90	10.25	20.25	2.55	0.11	0.75
T5	4	30	4	10	1.6	0.13	0.75	60	4	10	1.6	0.07	0.75	90	7.25	15.25	1.825	0.08	0.5
T6	1	30	9	20.5	1.85	0.30	0.25	60	9	20.5	1.85	0.15	0	90	16.5	26.5	2.5	0.18	0
T6	2	22.5	7.5	16	1.7	0.25	0.5	45	7.5	16	1.7	0.13	0	67.5	13.25	21	2.325	0.15	0
T6	3	30	21	35.5	2.2	0.70	0	60	21	35.5	2.2	0.35	0	90	27.75	42	2.975	0.31	0
T6	4	30	15.25	27	2.575	0.51	0.25	60	15.25	27	2.575	0.25	0	90	21	38.5	3.225	0.23	0
T7	1	30	10	25.5	1.85	0.33	0	60	10	25.5	1.85	0.17	0	90	16	33.25	2.375	0.18	0
T7	2	22.5	6.75	17	1.7	0.23	0	45	6.75	17	1.7	0.11	0	67.5	12	21.75	2.25	0.13	0
T7	3	30	10.5	26.5	2.675	0.35	0.25	60	10.5	26.5	2.675	0.18	0	90	19.75	33.5	3.15	0.22	0
T7	4	30	7	13.5	2.025	0.23	0	60	7	13.5	2.025	0.12	0	90	16	20.25	2.7	0.18	0
T8	1	30	7	14.5	1.95	0.23	0	60	7	14.5	1.95	0.12	0	90	12.75	24	2.55	0.14	0
T8	2	22.5	10.5	17	2.1	0.35	0.25	45	10.5	17	2.1	0.18	0	67.5	15.25	21.5	2.4	0.17	0
T8	3	22.5	11.5	25	1.775	0.38	0.5	45	11.5	25	1.775	0.19	0	67.5	17	31	2.15	0.19	0
T8	4	22.5	3.25	8	1.25	0.11	0	45	3.25	8	1.25	0.05	0	67.5	9.75	13.25	1.875	0.11	0
T9	1	30	2	3.75	1.15	0.07	0.75	60	2	3.75	1.15	0.03	0.75	90	4.75	7	1.725	0.05	0.75
T9	2	30	4	5.75	2.05	0.13	0.75	60	4	5.75	2.05	0.07	0.75	90	6.75	10.75	2.6	0.08	0.75
T9	3	30	3.5	4.5	1.025	0.12	0.5	60	3.5	4.5	1.025	0.06	0.5	90	6.5	9.75	1.525	0.07	0.5
T9	4	30	1.75	4.5	0.95	0.06	0.75	60	1.75	4.5	0.95	0.03	0.75	90	6	9	1.575	0.07	0.75
T10	1	30	5.5	10	1.75	0.18	0	60	5.5	10	1.75	0.09	0	90	13.25	17.5	2.375	0.15	0
T10	2	30	9.25	15	1.225	0.31	0	60	9.25	15	1.225	0.15	0	90	18	21.75	1.9	0.20	0
T10	3	30	7	14	1.275	0.23	0	60	7	14	1.275	0.12	0	90	14	20.75	1.975	0.16	0

T10	4	22.5	5.5	15	1.075	0.18	0	45	5.5	15	1.075	0.09	0	67.5	12.75	20	1.6	0.14	0
T11	1	22.5	5	10.75	1.475	0.17	0	45	5	10.75	1.475	0.08	0	90	12	17.25	2.15	0.13	0
T11	2	30	9.5	17.5	1.35	0.32	0.25	60	9.5	17.5	1.35	0.16	0	90	17	24.25	2.175	0.19	0
T11	3	30	10	21.25	1.55	0.33	0.25	60	10	21.25	1.55	0.17	0	90	16.75	28.25	2.25	0.19	0
T11	4	22.5	4.5	9.5	1.125	0.15	0.25	45	4.5	9.5	1.125	0.08	0	67.5	8	16.5	1.85	0.09	0
T12	1	30	4.75	11	1.375	0.16	0	60	4.75	11	1.375	0.08	0	90	13.5	18.25	2.05	0.15	0
T12	2	30	4.25	7.25	1.25	0.14	0	60	4.25	7.25	1.25	0.07	0	90	12.5	15	1.925	0.14	0
T12	3	30	11.75	22	1.7	0.39	0	60	11.75	22	1.7	0.20	0	90	20.25	30	2.4	0.23	0
T12	4	30	4.5	11.5	1.2	0.15	0.25	60	4.5	11.5	1.2	0.08	0	90	13.5	18.5	1.775	0.15	0

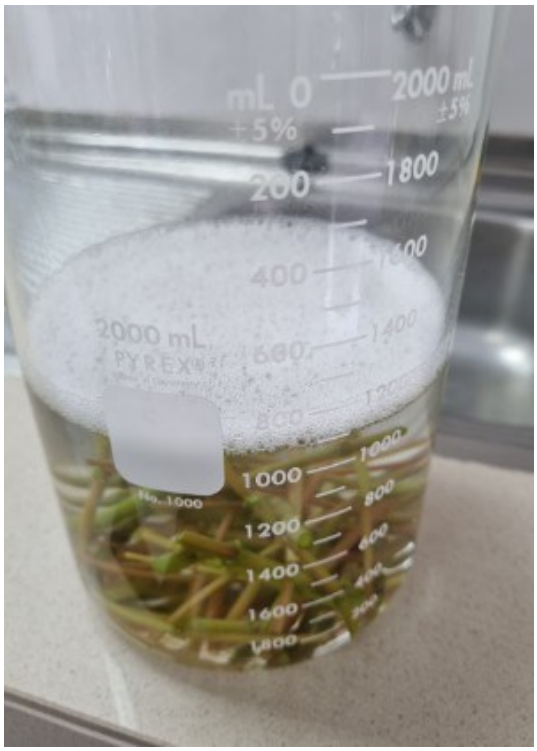
Anexo 3 Manejo del experimento



Obtención de plántulas



Selección de brotes



Desinfección de brotes

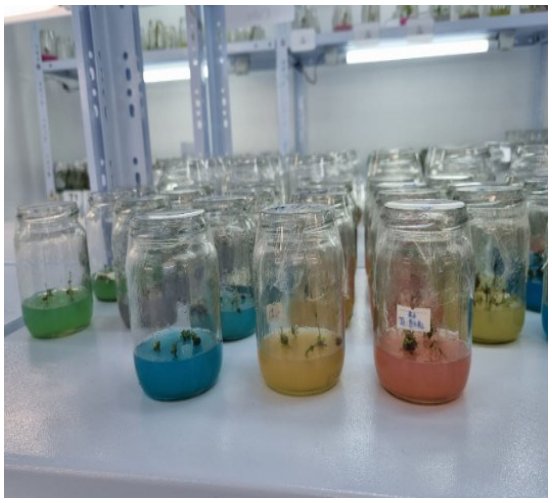


Preparación de medio de cultivos



12 tratamientos con repeticiones





Monitoreo de tratamientos





Toma y registro de variables



Tribunal en visita de campo



Defensa de trabajo investigativo



Nombre vulgar: Congona

Nombre científico: *Peperomia inaequalifolia*

Lugar de recolección: Provincia Bolívar, Cantón Chillanes, Recinto Bola de Oro

Anexo 4 Glosario de términos técnicos

Agar: Es un agente gelificante del medio de cultivo.

Agrobiotecnología: Es la tecnología basada en la biología, especialmente usada en agricultura, farmacia, ciencia de los alimentos, ciencias forestales y medicina. Se desarrolla en un enfoque multidisciplinario que involucra varias especialidades y ciencias como biología, bioquímica, genética, virología, agronomía, ingeniería, física, química, medicina y veterinaria entre otras.

Autoclave: Recipiente de presión metálico de paredes gruesas con un cierre hermético que permite trabajar a alta presión para realizar una reacción industrial, una cocción o una esterilización con vapor de agua. Su construcción debe ser tal que resista la presión y temperatura desarrollada en su interior. La presión elevada permite que el agua alcance temperaturas superiores a los 100 °C. Esterilización: Destrucción de todas las formas de vida microscópicas, incluidos virus y esporas.

Biorreguladores: Suplemento de hormonas u otros compuestos que se suministra a las plantas para auxiliar su metabolismo general y que con ello pueda soportar mejor ciertas condiciones adversas a su desarrollo, o para regular o manipular un evento o proceso fisiológico específico.

Biotecnología: Área multidisciplinaria, que emplea la biología, química y procesos varios, con gran uso en agricultura, farmacia, ciencia de los alimentos, ciencias forestales y medicina. Probablemente el primero que usó este término fue el ingeniero húngaro Karl Ereky, en 1919.

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

Congona: Hierba glabra, de la familia de las piperáceas y originaria del Perú, con hojas verticiladas, pecioladas, enteras y algo pestañosas en la punta, y flores en espigas terminales.

Cultivo in vitro: Consiste en tomar una porción de una planta (ej. el ápice, una hoja o segmento de ella, segmento de tallo, meristemo, embrión, nudo, semilla, antera, etc.) y colocarla en un medio nutritivo estéril (usualmente gelificado, semisólido) donde se regenerará una o muchas plantas.

Eco tipo: Es una subpoblación genéticamente diferenciada que está restringida a un hábitat específico, un ambiente particular o un ecosistema definido, con unos límites de tolerancia a los factores ambientales. Sanidad radicular: Se refiere a la incidencia o no de patógenos y plagas a nivel de la raíz en los vegetales.

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

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

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

Micropropagación: Práctica que consiste en multiplicar rápidamente y/o regenerar materia vegetal para producir una gran cantidad de nuevas plantas genéticamente idénticas, con métodos de laboratorio modernos.

Porta injertos: Planta que recibe el injerto, ésta lleva o desarrolla posteriormente las raíces con las que proporciona la nutrición mineral a la asociación patrón-variedad.

Propagación: Es una producción a partir de partes vegetativas. Se utilizan tejidos vegetales que conserven la potencialidad de multiplicación y diferenciación celular para generar nuevos tallos y raíces a partir de cúmulos celulares presentes en diversos órganos.

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

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

Valores FOB: Se utiliza para valorar las exportaciones y se define como libre a bordo. Se refiere al valor de venta de los productos en su lugar de origen más el costo de los fletes, seguros y otros gastos necesarios para hacer llegar la mercancía hasta la aduana de salida