

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El crisantemo es uno de los cultivos ornamentales más demandados y productivos en el mundo; sin embargo, se ve afectado por diversas enfermedades virales que reducen su producción y la calidad de sus flores. Los métodos de propagación vegetativa utilizados en la producción de crisantemo, permiten la diseminación y establecimiento de virus, por lo que resulta necesario buscar alternativas viables para obtener propágulos sanos. (Martínez, 2022)

La utilización de la micropropagación *in vitro* es una herramienta de tipo biotecnológica que permite la obtención plantas libres de patógenos para la producción a gran escala de material vegetal donde se genere semilla certificada de alta calidad. El crisantemo es el segundo cultivo florícola con mayor importancia económica a nivel mundial y en algunos trabajos se describen protocolos para la propagación *in vitro* de algunas variedades, debido a que se requieren sistemas efectivos de propagación para cubrir las demandas de exportación. Esta especie vegetal es atacada por la roya blanca causada por el hongo *Puccinia horiana* Henn y la presencia del insecto *Thrips palmy* Karny, la deficiencia en las prácticas agrícolas puede llegar a diseminar fácilmente las enfermedades en pequeños cultivos, en donde la economía de los floricultores depende de la producción de crisantemos a menor escala. (Chaguendo, 2019)

Entre las hormonas más utilizadas tenemos al Ácido α -naltalenacético (ANA), es una auxina sintética que se emplea en concentraciones de 1-10 mg/L, sus principales funciones son: el agrandamiento y alargamiento celular, además promueven la división celular. En relación a 6-Bencil-amino-purina (BAP), es un regulador de crecimiento sintético, perteneciente a la familia de las citoquininas, es dependiente de las concentraciones que se emplee, ya sea para la inducción de brotes, multiplicación de brotes o inducción de yemas axilares. (Mendoza, 2018)

Planteamiento del Problema

El Crisantemo (*Chrysanthemum sp.*) es una especie ornamental de alta importancia comercial debido a su demanda en el mercado florícola. En Bolivia, su propagación se realiza principalmente mediante esquejes vegetativos, técnica que permite conservar las

características de la planta madre. Sin embargo, este método presenta limitaciones como la lenta tasa de multiplicación y la acumulación progresiva de patógenos, especialmente virus y hongos, que afectan la calidad y el rendimiento del cultivo.

En el departamento de Tarija, donde la producción ornamental se encuentra en crecimiento, la reutilización continua de material vegetativo incrementa el riesgo de diseminación de enfermedades y reduce la competitividad de los productores. La falta de acceso a material vegetal certificado y libre de patógenos constituye una limitante para el desarrollo sostenible del cultivo.

Justificación

La implementación de técnicas de cultivo *in vitro* representa una alternativa viable para la producción masiva de plantas sanas y genéticamente uniformes. En el contexto boliviano, y particularmente en Tarija, el desarrollo de un protocolo eficiente permitiría mejorar la calidad fitosanitaria del material vegetal, reducir pérdidas productivas y fortalecer el sector florícola regional.

La priorización de este estudio responde a la necesidad de incorporar herramientas biotecnológicas que modernicen los sistemas de propagación y promuevan una producción más competitiva y sostenible.

Objetivos

Objetivo General

Mejoramiento de la tecnología de propagación del Crisantemo (*Chrysanthemum sp*) mediante el estudio del efecto combinado de BAP y ANA en el medio de cultivo Murashige & Skoog (1962) durante la fase de multiplicación *in vitro* en el Laboratorio de Fitopatología y Cultivo *in vitro* de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de diferentes dosis de BAP y ANA en los componentes del crecimiento *in vitro* del Crisantemo (*Chrysanthemum sp*)
- Determinar la tasa de multiplicación *in vitro* del Crisantemo (*Chrysanthemum sp*) bajo influencia de diferentes niveles de BAP y ANA en las condiciones del Laboratorio de Fitopatología y Cultivo *in vitro*

Hipótesis

Hipótesis Alternativa (H_a): Al menos una de las dosis de fitorreguladores promoverá un mayor crecimiento de los explantes de Crisantemos (*Chrysanthemum sp*) durante la fase de crecimiento *in vitro*.

CAPITULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Capítulo I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Crisantemo (*Chrysanthemum sp.*)

En China el crisantemo es empleado como ornamental desde hace más de dos mil años; su cultivo se trasladó a Japón donde se convirtió en una flor santa que recibía una veneración divina. Todavía es utilizado en ceremonias y la flor es el símbolo de una vida larga. Contrariamente a lo que piensa mucha gente, la esfera en la bandera japonesa no representa el sol naciente sino el corazón de un crisantemo despojado de sus pétalos. Fue introducido en Europa a través de Francia en el último tercio del siglo XVIII. Los primeros cultivos en España coinciden con el inicio en el siglo XIX. El crisantemo que actualmente cultivan los floricultores es un híbrido complejo y la mayoría de las especies de donde se han generado los cultivares actuales son originarias de China: *Chrysanthemum indicum*, *Chrysanthemum morifolium* y *Chrysanthemum x hortorum*. El crisantemo en maceta es denominado *Dedranthema* (InfoAgro, s.f.).

Los crisantemos pertenecen al género *Chrysanthemum*, que forma parte de la familia Asteraceae. Esta amplia familia incluye una gran variedad de plantas herbáceas, muchas de las cuales son populares en jardinería y en el uso ornamental. Originalmente, el género *Chrysanthemum* abarcaba un mayor número de especies, pero tras investigaciones taxonómicas recientes, se ha reagrupado algunas de ellas en otros géneros. Actualmente, reconoce aproximadamente 30 especies dentro del género (Ferreira, 2025).

1.2 Morfología

El género *Chrysanthemum* pertenece a la familia *Asteraceae* y engloba flores de las más antiguas cultivadas. Las hojas pueden ser lobuladas o dentadas, ligulosas o rugosas, de color variable entre el verde claro y oscuro, recubiertas de un polvillo blanquecino que le da un aspecto grisáceo y casi siempre aromáticas. Lo que se conoce como flor es realmente una inflorescencia en capítulo. Existen diversos tipos de capítulo cultivados comercialmente, aunque, en general, esta inflorescencia está formada por dos tipos de flores: femeninas (radiales; se corresponden con la hilera exterior en las margaritas) y hermafroditas (concéntricas; se corresponden con las centrales). El receptáculo es plano

o convexo y está rodeado de una envoltura de brácteas. Según su forma las inflorescencias se pueden clasificar en:

- Sencillas: tipo margarita. Compuestas de una o dos hileras de flores radiales y con flores hermafroditas centrales.
- Anémonas: similares a las sencillas, pero con flores concéntricas tubulares y alargadas. El color de las flores radiales y concéntricas puede ser el mismo o no.
- Recurvadas: en forma globular, con las flores radiales recurvadas hacia dentro.
- Reflejas: en forma redondeada con las flores radiales doblándose hacia afuera y hacia abajo.
- Araña, pluma, cuchara, hirsuta, etc.: las flores radiales se incurvan y son tubulares, excepto en el caso de la cuchara.
- Pompones: en forma globular, constituidos por flores radiales cortas y uniformes. No presenta flores concéntricas.
- Decorativas: similares a los pompones, ya que se componen principalmente de flores radiales, aunque las hileras exteriores son más largas que las centrales, dándole a la inflorescencia una forma plana e irregular.

Actualmente la mejora para la obtención de híbridos comerciales se basa tanto en la forma y en el color como en su adaptación para la producción de flores durante todo el año, incidiendo siempre en la calidad (InfoAgro, s.f.).

1.3 Taxonomía

Reino: Vegetal

Phylum: Telemophytae

División: Tracheophytae

Sub división: Anthophyta

Clase: Angiospermae

Sub clase: Dicotyledoneae

Grado Evolutivo: Metachlamydeae

Grupo de Ordenes: Tetraciclicos

Orden: Campanulales

Familia: Compositae

Nombre científico: *Chrysanthemum sp.*

Nombre común: Crisantemo

Fuente: Herbario Universitario (2026)

1.4 Descripción Botánica

Se le da el nombre común de crisantemo en España e Hispanoamérica. Posee hábito de crecimiento erecto y tallos cilindricos y sufrútices. Hojas alternadamente opuestas, nervación pinnada, borde hendido y propiedades al ergénicas. Tiene corola gamopétala y ovario Infero; las flores están agrupadas en capitulo, rodeado de brácteas y los estambres tienen las anteras soldadas por los bordes. La cabezuela tiene dos tipos de flores: Las más externas, incompletas solo tienen órganos sexuales femeninos, se denominan lígulas, y las más internas, que son flores completas tienen pistilos y estambres, se llaman flores discales (Arango, 1999).

1.4.1 Hojas

Presentan hojas lobuladas o dentadas, de color verde intenso, a menudo cubiertas de un polvillo blanquecino que da un aspecto grisáceo. En algunas variedades, pueden ser rugosas al tacto (Jimenez, s.f.).

1.4.2 Flores

Lo que se conoce como flor es en realidad una inflorescencia en capítulo. Esta inflorescencia está formada por dos tipos de flores: femeninas (liguladas y radiales; se corresponden con la hilera exterior en el tipo ‘margarita’. Son las decorativas) y hermafroditas (concéntricas; se corresponden con las centrales. Son las verdaderas flores). El receptáculo es plano o convexo y está rodeado de una envoltura de brácteas (Martinez, 2023).

1.4.3 Tallo

Posee tallos erectos o en ocasiones extendidos, que contrasta con las hojas lobadas que se encuentran distribuidas a lo largo de ellos (Ferreyra, 2025).

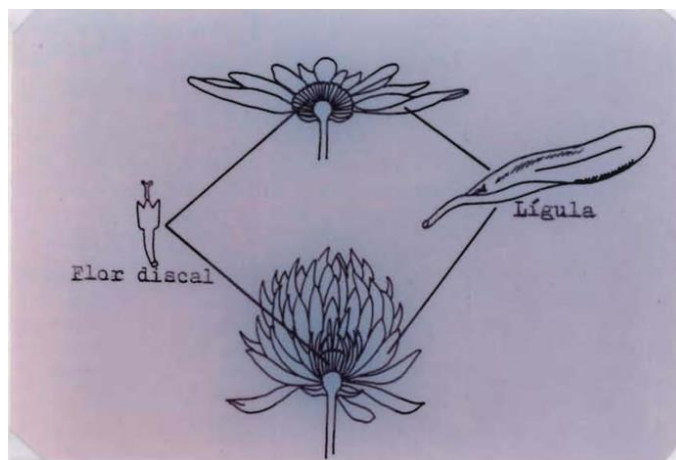
1.4.4 Sistema radicular

Destacan por tener raíces **fibrosas y extensas**, que les permiten absorber bien los nutrientes y agua, asegurando un crecimiento vigoroso (Jimenez, s.f.).

1.4.5 Fruto:

Aquenio monospermo (Martinez, 2023).

Figura 1: Morfología floral de Crisantemo



Fuente: Adaptado de Arango (1999)

1.5 Multiplicación y Reproducción

Los crisantemos pueden multiplicarse de varias formas:

1.5.1 Multiplicación *in vitro*

En el campo de la biotecnología vegetal, el cultivo *in vitro* de plantas emerge como una técnica innovadora y vital que ha revolucionado la forma en que interactuamos con la flora. Este método, que implica el cultivo de tejido vegetal en condiciones controladas dentro de recipientes de vidrio, ha desencadenado una serie de aplicaciones que van desde la propagación masiva de especies hasta la conservación de la diversidad genética y la mejora de cultivos agrícolas. La introducción del cultivo *in vitro* ha permitido no solo la reproducción eficiente de plantas genéticamente idénticas, sino también la manipulación precisa del crecimiento y desarrollo vegetal en un entorno controlado. Esta capacidad de reproducir y modificar las condiciones ambientales ha abierto nuevas puertas en la investigación científica, la industria agrícola y la conservación de la biodiversidad vegetal. El cultivo *in vitro* de plantas se posiciona como una herramienta indispensable. A través de la micropropagación y la utilización de biorreactores, esta técnica ofrece una vía efectiva para la propagación masiva de plantas, la conservación de especies en peligro de extinción y la mejora genética de cultivos agrícolas. Sin embargo, no está exenta de desafíos. La esterilización rigurosa, la optimización de los medios de cultivo y la prevención de la contaminación microbiana son aspectos críticos

que requieren atención meticulosa y experiencia técnica para garantizar el éxito del proceso (Saucedo, 2024).

Figura 2: *Vitroplanta de Crisantemo*



Fuente: Imagen propia (2026)

1.5.2 Esquejes

La manera más habitual y sencilla. Se toman brotes jóvenes en primavera o después de la poda, enraizándolos en sustrato húmedo (Jimenez, s.f.).

La propagación que se realiza por esquejes terminales se obtiene de plantas madre seleccionadas por su conformación a la progenie, capacidad de cosecha y vigor mantenidas bajo condiciones de día largo para inhibir la formación de botones finales. Los esquejes terminales de 8-10 cm de longitud pueden colocarse directamente en el medio para enraizamiento o almacenarse a 0-3 °C durante unas seis semanas, en cajas de cartón forradas con polietileno para evitar la deshidratación. Debe aplicarse un fungicida de amplio espectro para prevenir el desarrollo de enfermedades tales como la botrytis, roya, etc (abcAgro.com s.f.).

1.5.3 Semillas

Método más lento y menos común en jardinería doméstica. Se siembran en primavera en bandejas protegidas hasta que las plántulas sean trasplantables (Jimenez, s.f.).

1.5.4 Estaquillas

También pueden emplearse estaquillas obtenidas a partir de los brotes que se desarrollan en la base de esquejes de tallo cuando alcanzan un tamaño adecuado. En este caso, una vez recolectados los esquejes lo más adecuado es someterlos a un tratamiento de agua caliente (48 °C durante 6 minutos ó 43,5 °C durante 20 minutos), ya que así se pueden controlar nemátodos, plagas y enfermedades. Inmediatamente los esquejes se mojan con agua fría para obtener un rápido enfriamiento. Se empaquetan apretadamente juntos con un film plástico y se coloca serrín limpio o material similar entre los esquejes. Los extremos basales de esquejes y estaquillas se sumergen en ácido indolbutírico (IBA) para intensificar el desarrollo de raíces. El enraizamiento normalmente se lleva a cabo en un invernadero y, preferiblemente, en bandejas de propagación, aunque muchos cultivadores utilizan bancos, que deben ser desinfectados, con vapor o formol (preferiblemente con vapor), al terminar la temporada. El sustrato debe ser poroso, pudiendo emplear perlita, vermiculita, arena o mezclas de turba y arena, en relación 1:2, turba serrín y arena a partes iguales, etc. Se pretende fomentar el desarrollo de raíces cortas, gruesas, con el medio de crecimiento adherido cuando se levantan. A este sustrato puede añadirse un fertilizante de liberación controlada y calcio, ya que éste es necesario para un buen enraizamiento. El contenido total de sales no afecta al enraizamiento por debajo de 15 meq/litro, pero un alto porcentaje en sodio (> 67 %) causará la raíz roja (abcAgro.com s.f.).

1.6 Variedades de Crisantemos

Existen variedades con diferentes tamaños y colores de flores. Sus flores se clasifican según la forma de la inflorescencia, así tenemos flores en forma de araña, en forma simple, en forma de pompón intermedio, en forma de anémona o flores grandes incurvadas (crisantemo estándar). Pueden ser pequeñas (3 cm) o alcanzar hasta 15 cm y pueden ser de color amarillo, rojo, blanco, naranja o violeta. En las flores grandes, las flores del disco no son evidentes. Cada planta puede desarrollar de 1 a 10 cabezuelas y en formas cultivadas extremas se puede llegar hasta 100. (Torres, 2024)

Con más de dos centenares de especies, hay crisantemos para todos los gustos y estilos de jardín. Algunos de los tipos más apreciados y fáciles de cultivar en casa o jardinera son:

- **Crisantemo margarita:** flores simples, muy parecidas a la margarita, en tonos blancos, amarillos o rosas.
- **Crisantemo pompón:** flores redondeadas, densas y pequeñas, ideales para ramos y bordes.
- **Crisantemo araña:** pétalos largos y delgados que recuerdan las patas de una araña.
- **Cuchara:** pétalos con forma de cuchara en la punta, creando un efecto decorativo llamativo.
- **Thistle:** flores tubulares, similares a las del cardo.
- **De botón:** flores pequeñas, compactas y redondeadas, perfectas para arreglos florales.
- **De anémona:** centro elevado y esponjoso rodeado de pétalos planos.
- **De plato o reflejo:** pétalos que se doblan hacia abajo, creando la ilusión de un platillo.

La amplia gama de colores y formas permite mezclar varios tipos para conseguir un efecto visual más rico y atractivo en cualquier espacio (Devel, 2021).

1.7 Plagas y Enfermedades Comunes

1.7.1 Plagas más comunes

1.7.1.1 Arañuela Roja: (*Tetranychus telarius*): Es la plaga que más perjuicios económicos produce. Los síntomas más graves se localizan en la flor, con pérdida de coloración y turgencia. El tratamiento se debe realizar ni bien se detecta su presencia pues, si se permite el incremento de su población, su control se hace difícil. Se recomienda: ABAMECTIN (1,8%): 25-50 cm³/ hl + producto ovicida; DICOFOL + TETRADIFON: 200 cm³/ hl; HEXITAZOX (10%): 30-50 g/ hl. (Martinez, 2023)

1.7.1.2 Minador: (*Liriomyza huidobrensis*); Los minadores de hojas son insectos cuyas larvas viven y se alimentan del tejido de las hojas, provocando un daño bastante visible.

El cual crea zonas blanquecinas y caminos que no siguen un patrón alguno. A estos caminos se les llama galerías y son un problema para la planta ya que destruyen parte de la masa foliar, lo que disminuye la capacidad fotosintética en las hojas y permite el ingreso de fitopatógenos a las plantas. (Arbeláez, 2022)

1.7.2 Enfermedades más comunes

1.7.2.1 Pudrición de raíz: La pudrición de la raíz o pudrición basal del tallo es ocasionada por *Pythium* spp. en condiciones de excesiva humedad en el suelo. La diseminación de las esporas se produce a través del suelo o del agua contaminada. El sistema radicular se debilita, de forma que las plantas infectadas se atrofian. Aparecen lesiones de marrón oscuro a negro cerca del suelo, que pueden causar aberturas en la corteza. Debe tratarse el suelo antes de plantar, pej. con etazol. Una vez que aparezca la enfermedad deben tratarse suelo y planta con los primeros síntomas, aplicando pej. Diazoben (abcAgro.com s.f.).

1.7.2.2 Pudrición del tallo: Producida por *Rhizoctonia solani*, organismo procedente del suelo, y se desarrolla en condiciones de alta humedad y temperatura. Las plantas se marchitan en las horas de máxima temperatura y mínima humedad relativa, el crecimiento es restringido y los tallos se pudren en la superficie del suelo. Debe tratarse el suelo antes de plantar con PCNB y pulverizar la base de los esquejes con benomilo o clortalonil después de plantar (abcAgro.com s.f.).

1.7.2.3 Roya Blanca: Esta enfermedad está producida por *Puccinia horiana*. Es específica del crisantemo y se caracteriza por la aparición en el envés de la hoja de unos abultamientos anaranjados, no pulveru lentos, que constituyen las teleutosporas del hongo. Estas germinan sobre el mismo sitio y dan lugar al nacimiento de las basidiosporas, que producen unas manchas de aspecto blancuzco. Debido a este aspecto toma su nombre de Roya blanca. La enfermedad aparece, sobre todo, en primavera y otoño. La germinación de las teleutosporas puede tener lugar poco después de su formación, aunque para ello es necesario que se encuentren con una humedad relativa alta y temperatura óptima de 15 a 23 grados centígrados. (Salmeron, 1989)

1.7.2.4 Botrytis: se presenta con alta humedad y temperaturas templadas. Se manifiesta con manchas marrones en los pétalos. Control: PROCIMIDONE (50%): 100 g/ hl y otros productos específicos para este patógeno. (Martínez, 2023)

1.8 Fisiología del Crisantemo

1.8.1 Fotoperíodo

Es una planta de día corto (brevidiurna). El punto crítico se encuentra entre 13 y 14,5 horas de luz. Con un número de horas inferior se produce la floración. Las variedades precoces son menos sensibles y forman flores con oscuridad, mientras que las tardías necesitan más horas de oscuridad para florecer. Con 15 hs diarias de luz, las plantas crecen continuamente sin que se produzca la floración. Teniendo en cuenta la reacción de muchas variedades de crisantemo a la duración del día se las puede estimular para que florezcan en diferentes épocas del año, ya sea aplicando luz artificial o bien reduciendo la duración del día, tapando las plantas con pantallas negras. El día largo es conveniente lograrlo cortando la noche aplicando luz para interrumpirla, antes que alargar el día mediante iluminación. En ese sentido, el crisantemo se comporta como una planta de noche larga y no de día corto (Martínez 2023).

1.8.2 Humedad relativa

Durante la etapa de crecimiento se recomienda que la humedad relativa sea del 65-75 %. En el período de floración es importante que la humedad relativa no se eleve mucho del umbral a fin de prevenir ataques de *Botrytis* spp. (Merida, 1994).

1.8.3 Luminosidad

Los crisantemos deben plantarse en lugares soleados. Con sombra las flores son pequeñas y los tallos delgados, descendiendo considerablemente la calidad del producto (Merida, 1994).

1.9 pH

El Crisantemo crece en mejores condiciones a un pH entre 6.2 y 6.5 por lo que comúnmente el pH del suelo debe ser ajustado; procedimiento que se efectúa antes de plantar y de preferencia también antes de esterilizar. Para elevar el pH antes de plantar,

se aplica a la tierra agua de cal (el líquido obtenido de la mezcla de cal y agua), en una proporción de 12g de cal por cada 10l de agua; el sedimento blanco se descarta, no se recomienda usar la cal directamente, porque daña las raíces y con frecuencia forma una capa en la superficie de la tierra limitando la aireación. Para bajar el pH se usa una solución de ácido fosfórico mezclado en la proporción de 12g por cada 100l de agua; de esta solución concentrada se toman 4l y se diluyen en 200l de agua los que se aplican por inyección como fertilizante líquido en un área de 10m². Después de varias semanas se puede aplicar nuevamente (Contreras, 2026)

1.10 Temperatura

Las temperaturas óptimas para el cultivo de crisantemo son: 22° a 26°C en días soleados, 18° a 20°C en días nublados y 16° a 18°C por la noche. Altas temperaturas: retraso en el desarrollo, para evitarlo debería elegirse cuidadosamente las variedades, buscando aquellas mejor adaptadas para las temperaturas de la zona, o bien reducir la temperatura del invernadero. Si se está realizando oscurecimiento para lograr días cortos, debería comenzar lo más tarde posible para impedir altas temperaturas en el cultivo. Altas temperaturas y alta luminosidad: puede aparecer un amarronamiento de los pétalos, especialmente en los cultivares color rojo, rosado y bronce. Para minimizar este efecto, puede usarse malla de sombreado, cuando los pétalos empiezan a expandirse. En relación a la influencia de la temperatura sobre la floración, existe una clasificación que las agrupa de la siguiente manera:

Cultivares termoneutrales: muestran poca inhibición floral entre los 10°C y los 27°C. La floración se produce rápidamente a 15,5°C. Son los más adecuados para la floración de todo el año. (Contreras, 2026)

Cultivares termopositivos: la floración se inhibe por debajo de los 15,5°C. Las yemas florales se pueden iniciar, pero no se desarrollan más allá de un estado de cabezuela a bajas temperaturas. Si se mantiene la temperatura apropiada, estos cultivares pueden utilizarse para floración durante todo el año.

Cultivares termonegativos: la floración se inhibe por encima de los 15°C. Temperaturas inferiores pueden retardar (10°C), pero no inhiben la iniciación. Deberán cultivarse solamente cuando las temperaturas nocturnas puedan ser controladas a 15,5°C o ligeramente por debajo. Se deberá evitar el cultivo en verano (Martínez 2023).

1.11 Riego y fertilización

Requiere buena provisión de agua y fertilizantes. El suelo debería mantenerse siempre cercano a capacidad de campo debido a que el crisantemo tiene una gran área foliar. Por lo tanto los riegos deben ser frecuentes y regulares, evitando que nunca se produzca un desecamiento del suelo. En general se riega cada dos días, dependiendo de las necesidades del cultivo y de la demanda atmosférica. El cultivo de crisantemo es de las pocas producciones florales que se pueden regar por aspersión (baja o alta) y por lo general el riego se interrumpe cuando los capullos florales se abren. Sin embargo el sistema mas deseado es el de riego por goteo, no solo por el ahorro de energía y agua, sino también por la posibilidad de la fertirrigación. Es recomendable la fertilización constante aplicada junto con el riego, o sea, fertirrigación. En cultivos sobre suelo se requieren normalmente 200 a 250 ppm de N de un fertilizante N-P-K 20-10-20 para producir flores de alta calidad. La fertilización debería mantenerse hasta que las flores muestren color. A partir de allí se continúa el riego reduciendo paulatinamente el aporte de fertilizante lo cual evita la carga innecesaria de sales en la zona radical. (Merida, 1994).

1.12 Poda

Pasadas algunas semanas, las plántulas de crisantemo deben ser pellizcadas para que se hagan arbustivas. Esto significa que **cuando alcance los 20 centímetros** de altura, se debe **cortar el tallo central** para estimular el crecimiento de las ramitas laterales. Se recomienda **quitar las flores marchitas**, sin ser necesaria una poda general, para promover la aparición de nuevas flores. Un dato curioso sobre esta planta y que es una de las razones por las que es muy popular es que es una de las plantas con flores que tardan en marchitarse, por lo que disfrutamos durante bastante tiempo de ellas (Rothschuh 2024).

1.13 Cultivo de plantas madre

Las plantas madre se mantienen bajo condiciones de día largo y con fertilización a través del riego con objeto de favorecer un crecimiento vegetativo rápido y se suelen colocarse a un marco de 10 x 13 ó 13 x 13 cm. Tan pronto como se recuperen, se les da

un pinzado suave para promover un desarrollo rápido de los tallos, ya que un despuntado fuerte dejaría muy pocos nudos y permitiría que la porción inferior del tallo se volviese semileñosa antes de tomar los esquejes. Cuando esto último ocurre las yemas axilares de las hojas no crecen tan rápidamente como cuando se trata de tallos suculentos. Para mantener la planta madre en estado juvenil deben cortarse los esquejes con la mayor frecuencia posible, ya que en tallos con un crecimiento activo es menos probable que se formen las yemas florales prematuras. Además, en las primeras etapas hay poca competencia por la luz entre tallos, por lo que las plantas madre producen ciclos de producción de rebrotes. Posteriormente, entre la décima y décimo-quinta semana de la plantación, las plantas se vuelven tan densas que la disponibilidad de esquejes lo suficientemente grandes se vuelve irregular y se localiza en la periferia. Si quedan demasiadas hojas tras cada cosecha de esquejes, la planta madre se vuelve demasiado grande, de forma que la competencia por la luz se convierte en un serio problema. El corte de tallos para esquejes, proporciona más luz al centro y elimina la competencia entre tallos. Las plantas madre se mantiene de 13 a 21 semanas para la producción de esquejes, ya que, superado este período, se favorece la formación prematura de yemas de los esquejes cortados para producción, incluso bajo condiciones de día largo. La iluminación complementaria para la inhibición de la iniciación floral es más crítica para las plantas madre que para la producción de plantas para flor. Una intensidad mínima de iluminación de 110 lux de lámparas incandescentes durante 4-5 horas en medio de la noche durante el invierno y 2 horas durante el verano, es la necesaria incluso para los cultivares más insensibles a la luz complementaria. No existe información suficiente sobre el uso de luz fluorescente y de lámparas de sodio de baja presión para las plantas madre (abcAgro.com s.f.).

1.14 Cosecha

1.14.1 Índices de madurez

Los tallos deben cortarse mediante cuchillo, tijeras o herramientas especialmente diseñadas para este propósito (comma), al menos cuatro pulgadas (10cm) por encima del nivel del suelo para evitar que el tallo lleve tejido maderoso. Los crisantemos tipo

pompón pueden jalarsse del suelo para después cortarse a la longitud requerida. Todas las hojas a partir del tercio inferior del tallo se eliminan (University of California 2026).

1.14.2 Índices de calidad

Los crisantemos se cosechan, por lo general, completa o parcialmente abiertos. Sin embargo, se ha encontrado que estas flores también pueden cosecharse como botones compactos y abrir satisfactoriamente cuando se acondicionan con soluciones que inducen la apertura del botón. Los crisantemos estándar pueden cosecharse en el estado de desarrollo 2 (inflorescencia con diámetro de 2 pulgadas) o en el estado 3 (inflorescencia con diámetro de 3 1/2 pulgadas) cuando las inflorescencias o "flores" estan justo comenzando a abrir, o bien en el estado 4 (inflorescencia con diámetro de 5 pulgadas) cuando su peso fresco es de sólo la mitad del que presentan las inflorescencias completamente desarrolladas. Los crisantemos cosechados en un estado más compacto que los del estado 2 tienen dificultad para abrir y cuando abren sus flores resultan de diámetro más pequeño. Los tallos deben colocarse en agua conteniendo un germicida inmediatamente después de la cosecha; por ejemplo, en una solución a 25 ppm de nitrato de plata. O bien, los tallos pueden sumergirse por 10 segundos a 10 minutos en una solución de nitrato de plata a 1000 ppm y después en agua de buena calidad (baja en sales). Las variedades de ramillete pueden cosecharse cuando la mayoría de los pétalos en las flores más desarrolladas o maduras estan todavía erguidos. La inducción de la apertura de las flores puede hacerse después del almacenamiento o de la transportación (University of California 2026).

1.14.3 Clasificación y arreglo en ramos

La Sociedad de Floristas Estadounidenses (Society of American Florists) ha sugerido la clasificación en los siguientes grados de calidad para el crisantemo estándar completamente abierto:

Tabla 1: *Clasificación y arreglo de ramos*

Grado	Fino (Fancy)	Estándar (Standard)	Corto (Short)
Color de la Etiqueta	Azul	Roja	Verde
Diámetro Mínimo	5½" (14cm)	4¾" (12cm)	4" (10cm)
Longitud Mínima Flor + Tallo	30" (76cm)	30" (76cm)	24" (61cm)

Fuente: (University of California 2026)

1.15 Aspectos Fisiológicos y Bioquímicos

1.15.1 Citoquininas y otras hormonas (BAP, ANA, etc.)

Las citoquininas o citosinas son **hormonas vegetales**, fitohormonas, imprescindibles en la regulación del desarrollo y mantenimiento de los tejidos vegetales. Se acepta el término **citoquininas** o **citocininas** para estas fitohormonas, mientras que **citosina** designa una base del ADN y ARN, no un sinónimo. Comparten un esqueleto de **adenina** sustituido en N6, rasgo que se detalla en la descripción química. Junto con las giberelinas y las auxinas se encargan de la regulación de los procesos fisiológicos de los vegetales. Las citoquininas conjuntamente con las auxinas controlan el ciclo celular. (Contreras, 2026)

En el ámbito del cultivo de tejidos vegetales, la BAP es un ingrediente fundamental. Con frecuencia se añade a los medios de cultivo, como el medio de Murashige y Skoog (MS), para promover la proliferación eficiente de brotes y la embriogénesis somática. La aplicación precisa de BAP, a menudo en combinación con auxinas, permite a investigadores y cultivadores controlar con precisión el desarrollo de las plantas, lo que lleva a la propagación eficiente de variedades vegetales deseables. La capacidad de 'promover la germinación de semillas con benciladenina' subraya aún más su importancia en las primeras etapas de la vida vegetal. Para agricultores y agrónomos, comprender la aplicación de la BAP es clave para optimizar la producción de cultivos. Ya sea que se use para 'aumentar la tasa de cuajado de frutos' o para 'mejorar la resistencia al estrés vegetal' frente a desafíos ambientales como la sequía o la salinidad, la BAP ofrece una herramienta poderosa. La eficacia del compuesto en la estimulación

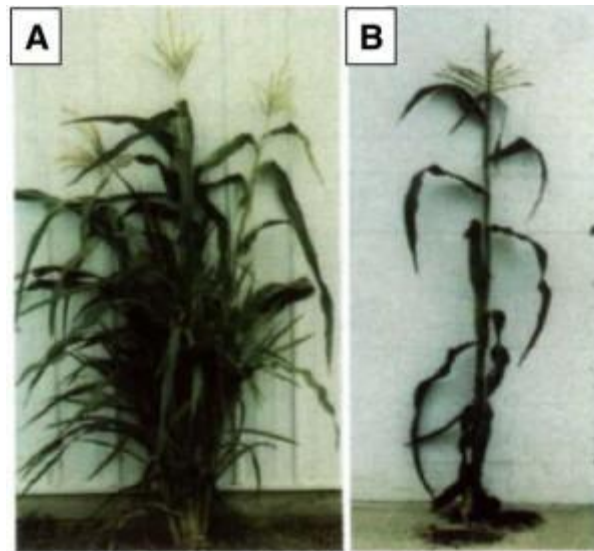
de la división celular se traduce directamente en una mejora de la calidad y el tamaño de los frutos, lo que contribuye a un mayor valor de mercado. El interés sostenido en 'citoquininas sintéticas para la división celular' resalta su naturaleza indispensable para lograr estos objetivos (INNOPHARMCHEM, 2026).

Como auxina sintética, el ANA imita la acción de las auxinas naturales como el Ácido Indol-3-acético (AIA). Las auxinas son hormonas vegetales responsables de regular numerosos procesos de crecimiento y desarrollo. El modo de acción principal del ANA es promover la elongación celular, la división celular y la diferenciación celular. En aplicaciones de enraizamiento, el ANA estimula la formación de raíces adventicias a partir de esquejes de tallo y hoja. Esto se logra activando genes específicos que controlan la iniciación y el desarrollo de las raíces (INNOPHARMCHEM, 2026).

1.15.2 Función y método de acción

Las citoquininas controlan el ciclo celular regulando la acumulación de ciclinas, haciendo entrar a la célula en fase de crecimiento G_1 , después de la mitosis y G_2 tras la fase de síntesis. Inducen la división celular en cultivos de tejido vegetal. A nivel de planta es la hormona encargada del crecimiento apical de la parte aérea, controlando los genes claves como STM (shoot meristem less) en meristemos embrionarios o CLV3 (CLAVATA3) en el meristemo apical. Las citoquininas sintetizadas en la raíz se movilizan por el xilema hasta los frutos y las hojas donde se acumulan, preferentemente en primavera. Cuando las hojas alcanzan el máximo desarrollo se exportan por el floema a los frutos (Contreras, 2026).

Figura 3: *Diferencia de planta de Maíz con y sin citoquininas.*



Nota: A) Mutante que sobre expresa citoquininas, en el que se ve la pérdida de dominancia apical y B) una planta normal. (Adaptado de Contreras, 2026)

1.16 Descripción química

Químicamente las citoquininas son derivados de la adenosina (una base nitrogenada, de las que puedes saber más [aquí](#)) o de aminopurinas. Las citoquininas se diferencian en las cadenas laterales que une el nitrógeno del carbono situado en posición 6. Entre las citoquininas naturales figuran trans-zeatina, cis-zeatina, dihidrozeatina e isopenteniladenina, donde la cadena lateral N6 define la actividad. La iP y la trans-zeatina son formas activas frecuentes en tejidos meristemáticos, y entre las de uso sintético destacan kinetina, 6-bencilaminopurina (BAP, BA) y thidiazuron (TDZ), y la cis-zeatina suele originarse por recambio de tARN (Contreras, 2026).

1.17 Etapas del Cultivo *In vitro*

Figura 4: *Etapas del cultivo in vitro*



Fuente: Adaptado de Bonilla (2026)

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

Capítulo II: MATERIALES Y MÉTODOS

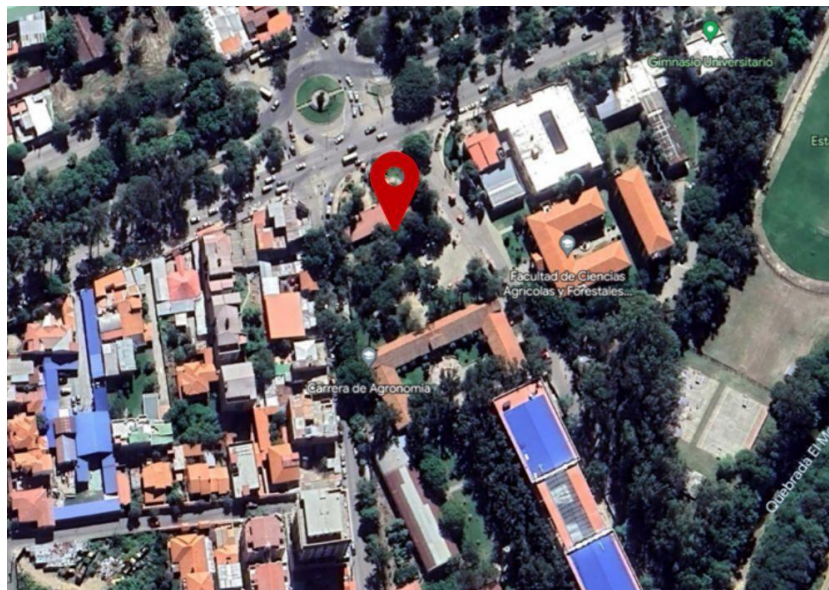
2.1 Localización Geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Fitopatología y Cultivo *In vitro* de la Facultad De Ciencias Agrícolas Y Forestales de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, ubicada en zona El Tejar, Provincia Cercado en el Departamento de Tarija.

2.2 Ubicación Geográfica

Ubicado geográficamente entre los paralelos 21° y $15'$ de latitud sur y el meridiano 64° $21'$ de longitud Oeste, con una altura promedio de 1850 m.s.n.m.

Figura 5: *Ubicación del Laboratorio de Fitopatología y Cultivo in vitro*



Fuente: Adaptado de Google Earth (2024)

2.3 Materiales

Se utilizaron diferentes equipos, reactivos y materiales y productos químicos de laboratorio para el ensayo de desinfección y establecimiento *in vitro*.

2.3.1 Material Vegetal

Se utilizaron vitroplantas de Crisantemos (*Chrysanthemum sp.*) obtenidas a partir de yemas. El material vegetal fue seleccionado en base a su uniformidad, estado fitosanitario y vigor, garantizando la ausencia de contaminantes.

2.3.2 Equipos y materiales de Laboratorio

Equipos

- Autoclave.
- Cámara de flujo laminar.
- PH-metro.
- Balanzas de precisión.
- Microscopio.
- Agitador.
- Horno de esterilización.
- Horno microondas.
- Bisturí

Instrumental

- Cajas Petri.
- Vasos de vidrio.
- Pipeta.
- Probeta.
- Mechero.
- Tubos de ensayo.
- Encendedor.
- Marcador.

Reactivos de Laboratorio

- Sacarosa.
- Medio de cultivo de Murashige & Skoog
- Alcohol.
- BAP- Bencil Amino Purina.
- Hipoclorito de sodio.
- Kinetina
- Agua destilada
- Auxinas

- Agar.

2.3.3 Material de escritorio

- Cuaderno
- Lápiz
- Computadora
- Impresora

2.4 Metodología

La metodología general que se usó para esta investigación es la del cultivo *in vitro* en su Fase II (Multiplicación *in vitro*)

2.4.1 Fase II. Multiplicación *in vitro* del Crisantemo

Para el presente trabajo de investigación se realizó un diseño completamente al azar, bifactorial: (3x3=9), con 9 tratamientos y 4 repeticiones con un total de 36 unidades experimentales.

2.5 Variable de estudio

La variable de estudio fueron diferentes niveles de BAB y ANA añadidas al Medio de Cultivo Murashigue & Skoog (1962):

BAP:

1. BAP 0.1mg/L
2. BAP 0.2mg/L
3. BAP 0.3mg/L

ANA:

1. ANA 0.000
2. ANA 0.025
3. ANA 0.050

Tabla 2: *Combinación de concentraciones hormonales de BAP y ANA para los tratamientos in vitro*

Factor A	Factor B	Trats.	Repeticiones			
BAP (mg/L)	ANA (mg/L)		R1	R2	R3	R4
0,1	0,000	T1				
	0,025	T2				
	0,050	T3				
0,2	0,000	T4				
	0,025	T5				
	0,050	T6				
0,3	0,000	T7				
	0,025	T8				
	0,050	T9				

Fuente: Laboratorio de Fitopatología y Cultivo *In vitro* de la FCAyF (2026)

2.6 Unidad experimental.

Las unidades experimentales fueron: 1 esqueje que se desarrolló dentro 1 tubo de ensayo conteniendo 10 ml del medio de cultivo de cada tratamiento respectivamente. Se cultivaron en sala de crecimiento con $22^{\circ}\text{C} \pm 1$, un fotoperiodo de 16 horas luz (1800Lux) y 8 horas oscuridad controladas por un temporizador eléctrico.

Figura 6: *Unidades experimentales en tubos de ensayo bajo condiciones controladas*

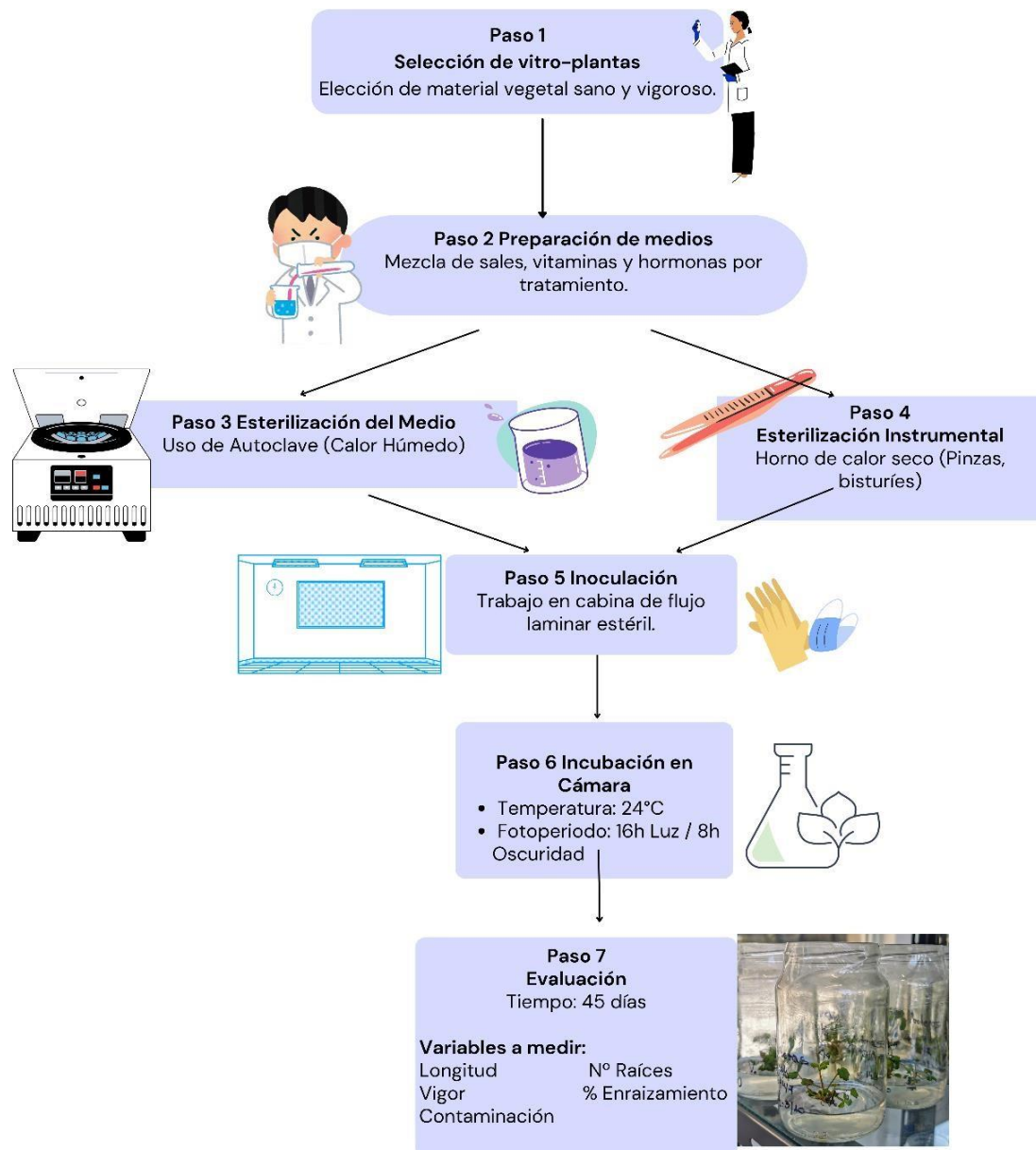


Fuente: Imagen propia (2026)

2.7 Procedimiento experimental.

A continuación, se muestra un esquema del procedimiento a seguir en el desarrollo del trabajo de investigación:

Figura 7: Esquema del procedimiento experimental de micropropagación



Fuente: Laboratorio de Fitopatología y Cultivo *In vitro* de la FCyF (2026)

a) Paso 1: Selección de vitroplantas.

La selección de vitroplantas de Crisantemos es una etapa crítica de la micropropagación, ya que ello garantiza que las unidades experimentales sean homogéneas, en consecuencia, se emplearon vitroplantas con características morfológicas uniformes.

b) Paso 2: Preparación de medio de cultivo de multiplicación.

Los medios de cultivo fueron preparados de acuerdo a los tratamientos planteados en el diseño experimental, donde se empleó como medio base el Murashige y Skoog (sales inorgánicas y compuestos orgánicos) al cual se modificó los tratamientos ya descritos, para lo cual se dosificó los fitorreguladores a partir de soluciones Stock de concentraciones conocidas.

El pH de los medios se ajustó a 5.8 previo a la esterilización y como gelificante se utilizó agar, a razón de 7gr/L.

Luego de preparados los 9 medios de cultivo, fueron dispensados en las unidades experimentales (tubos de ensayo con 50 ml de medio) e identificados convenientemente.

c) Paso 3: Esterilización del medio

Los tubos de ensayo se sometieron a un proceso de esterilización por autoclave durante 20 minutos a 121°C y 1.5 atmósferas de presión.

Tras completar la esterilización, se enfriaron gradualmente a temperatura ambiente y se almacenaron en un lugar fresco y oscuro para mantener la calidad del medio de cultivo.

d) Paso 4: Esterilización del Material

Los materiales utilizados en el procedimiento, incluyendo pinzas, caja Petri, tubos de ensayo, bisturí, vasos de precipitados, fueron esterilizados mediante calor seco. Para ello, se envolvieron en doble papel y se sometieron a una temperatura constante de 150°C en un horno durante un periodo de una hora y media. Este proceso garantiza la

eliminación de cualquier contaminante microbiano presente en los materiales, asegurando así emplear materiales estériles.

Las superficies de trabajo se desinfectaron con alcohol al 96% antes de cada jornada de trabajo.

e) Paso 5: Inoculación/siembra de explantes

Las inoculaciones se realizaron dentro de una cabina de flujo laminar, empleando guantes y material previamente esterilizado. Con pinzas y bisturíes estériles, los explantes se colocaron con el cuello de la vitroplanta inmersa debajo la superficie del medio de cultivo.

Finalmente, los tubos de ensayo fueron cerrados con sus respectivas tapas y sellados con cinta plastifilm para evitar el ingreso de contaminantes saprofiticos.

f) Paso 6: Incubación en cámara

Una vez realizada la inoculación, los tubos de ensayo se trasladaron a una cámara de crecimiento bajo condiciones ambientales controladas para favorecer el desarrollo de los explantes. Este proceso se rige por los siguientes parámetros:

- Temperatura: Se mantiene una temperatura constante de 22°C para optimizar el metabolismo celular de los Crisantemos.
- Fotoperiodo: Se establece un ciclo de luz regulado de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad, simulando las condiciones óptimas para el crecimiento vegetal *in vitro*.

g) Paso 7: Evaluación

La fase final del proceso experimental consiste en la recolección de datos tras un periodo de tiempo, en este caso de 20 días después de la siembra. En esta etapa se cuantifica el efecto de los tratamientos aplicados (BAP y ANA) mediante la medición de las siguientes variables de respuesta:

- Altura de los explantes: Medición en centímetros del crecimiento en vertical de la vitroplanta.

- Numero de hojas: Conteo de hojas de cada una de las vitroplantas
- Vigor: Observación cualitativa del estado general de la vitroplanta

de respuesta

a) Altura de vitroplantas

Este parámetro se obtendrá midiendo cada vitroplanta en cm apoyados por una regla graduada en centímetros y milímetros.

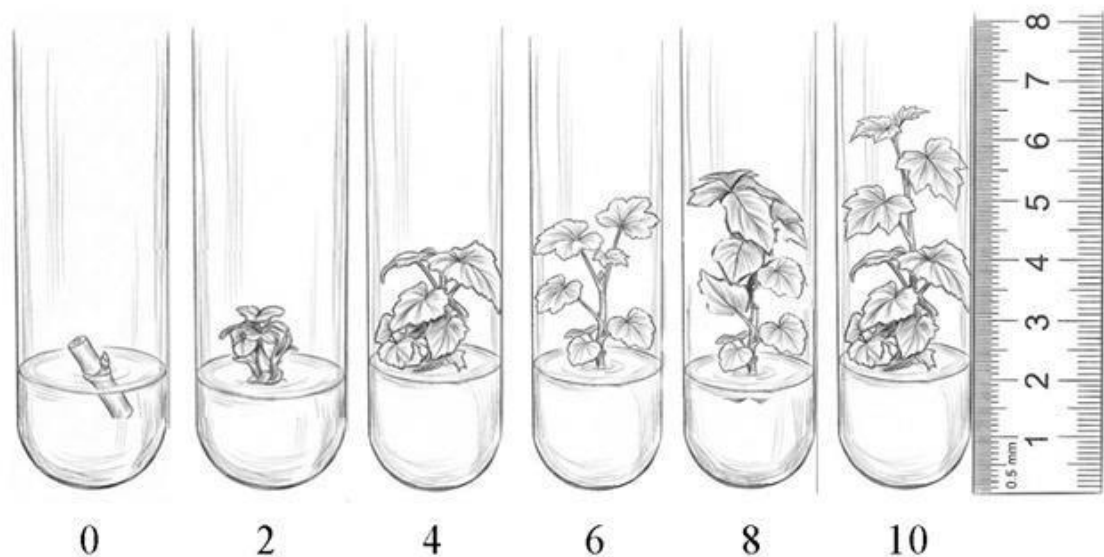
b) Tasa de multiplicación

Este parámetro se obtendrá midiendo cada vitroplanta en cm apoyados por una regla graduada en centímetros y milímetros.

c) Vigor de las vitroplantas

Para la estimación del vigor se utilizará una escala comparativa de desarrollo de vitroplantas, la cual se elaborará de manera análoga a la plantilla del cultivo de frutilla que se presenta a continuación:

Figura 8: *Plantilla de evaluación del vigor en vitroplantas.*



Fuente: Laboratorio de Fitopatología y Cultivo *in vitro* (2026)

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capítulo III: Resultados y Discusión

3.1 Largo de Brotes de vitroplantas de Crisantemo

Tabla 3: Largo de brotes de vitroplantas de Crisantemo (*Chrysanthemum sp.*) a los 20 días después de la siembra

Tratamientos	Replicas					
	I	II	III	IV	Σ	X
T1=B1A1	0,8	0,8	0,4	0,5	2,5	0,625
T2=B1A2	1,5	1,3	0,3	0,5	3,6	0,9
T3=B1A3	0,8	0,7	0,5	0,4	2,4	0,6
T4=B2A1	0,8	0,6	0,6	0,6	2,6	0,65
T5=B2A2	1,3	0,2	0,5	0,5	2,5	0,625
T6=B2A3	0,3	0,5	0,4	0,3	1,5	0,375
T7=B3A1	0,3	0,9	0,4	0,4	2	0,5
T8=B3A2	0,7	0,3	1,3	0,9	3,2	0,8
T9=B3A3	0,9	0,2	0,5	0,5	2,1	0,525
Σ	7,4	5,5	4,9	4,6	22,4	

Fuente: Elaboración propia

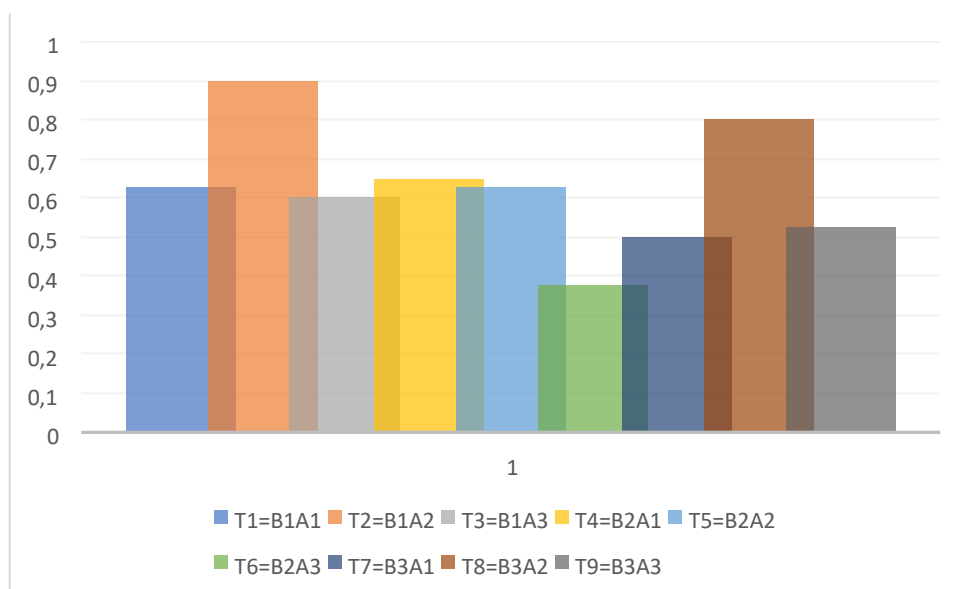
En el cuadro se muestran los datos obtenidos en laboratorio que corresponden al largo de brotes a los **20 días**, la medición fue tomada a simple vista utilizando una regla realizando la medición de los explantes.

Se puede observar que el tratamiento **T2 (B1A2)** obtuvo el mayor promedio (**0.9cm**) y el tratamiento **T6 (B2A3)** el menor promedio con (**0,375**).

Los promedios de altura oscilan entre **0.3cm y 0.9cm**, se observa que la combinación de una dosis baja de citoquinina con una dosis media de auxina favorece una respuesta de elongación más rápida tras la siembra *in vitro*.

Figura 9: Altura promedio de vitropplantas Crisantemo (*Chrysanthemum sp.*) en

9 medios de cultivo a los 20 días después de la siembra.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Análisis de varianza ANOVA para el largo de brotes de vitroplantas de *Crisantemo* (*Chrysanthemum* sp.) a los 20 Días Después de la Siembra

FV	GL	SC	CM	Fc	F T	
					5%	1%
Tratamientos	8	0,78	0,10	1,08	2,3	3,26
Error	27	2,45	0,09			
Total	35	3.76				
F. BAP	2	0,15	0,08	0,8	3,35	5,49
F. ANA	2	0,47	0,24	2,6	3,35	5,49
B/A	4	0,16	0,039	0,4	2,73	4,11

Fuente: Elaboración propia

El ANOVA muestra que, en esta etapa inicial, los valores de **F calculada (1.08)** no superan al **F tabulada**. Esto indica que las diferencias observadas entre los promedios (**0.3cm a 0.9cm**) se deben al azar o al error experimental y no a la influencia directa de

los reguladores. Los explantes aún están utilizando sus reservas internas para adaptarse al medio *in vitro*.

Significancia: No significativa ($F_c < F_t$)

Tabla 5: Cuadro de doble entrada del factor BAP/ANA

CUADRO DE DOBLE ENTRADA BAP/ANA					
BAP/ANA	A1=0	A2=0,025	A3=0,050	SUMA	MEDIA
B1=0,1	2,5	3,6	2,4	8,5	0,7
B2=0,2	2,6	2,5	1,5	6,6	0,55
B3=0,3	2	3,2	2,1	7,3	0,6
TOTAL	7,1	9,3	6,0	22,4	
MEDIA	0,59	0,77	0,5		

Fuente: Elaboración propia

En esta etapa, el cuadro muestra medias muy cercanas entre sí (**B1:0.7, B2:0.55, B3:0.6**).

No hay una tendencia clara de interacción. Sin embargo, en el nivel B1, se observa que la dosis media de ANA (**A2**) presenta la media más alta con 0.77, mientras que el nivel **A3 (0.050)** presenta la más baja con **0.55**.

3.2 Largo de Brotes de Vitroplantas de Crisantemo

Tabla 6: Largo de Brotes de Vitroplantas de Crisantemo (*Chrysanthemum sp.*) a los 27 Días Después de la Siembra

Tratamientos	Replicas					
	I	II	III	IV	Σ	X
T1=B1A1	1	1,3	0,7	0,9	3,9	0,975
T2=B1A2	1,8	1,5	0,9	1,4	5,6	1,4
T3=B1A3	1,8	1	0,8	0,7	4,3	1,075
T4=B2A1	1,1	1,9	0,8	1,5	5,3	1,325
T5=B2A2	1,6	0,6	0,5	1,1	3,8	0,95
T6=B2A3	0,7	0,7	0,8	0,3	2,5	0,625
T7=B3A1	0,7	1,7	0,5	0,5	3,4	0,85
T8=B3A2	1,3	1,3	2,6	1,1	6,3	1,575
T9=B3A3	1,2	0,3	1	1	3,5	0,875
Σ	11,2	10,3	8,6	8,5	38,6	

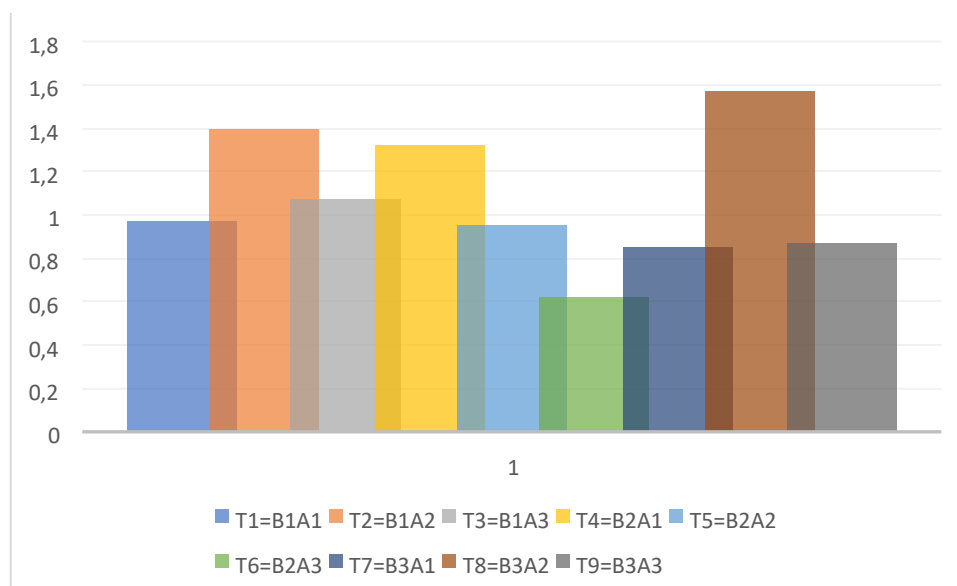
Fuente: Elaboración propia

En este segundo cuadro el rango de crecimiento se extiende hasta los 1.5cm.

El **T8 (B3A2)** muestra un repunte significativo con **1.575**. Sin embargo, el nivel de **B1** mantiene una suma acumulada superior (**13.8**) frente a los otros niveles.

El **factor BAP** empieza a demostrar que concentraciones bajas (**0.1mg/L**) permiten un desarrollo más sostenido, mientras que concentraciones altas (**B3**) pueden generar picos de crecimiento que no siempre se mantienen en el tiempo.

Figura 10: *Altura promedio de vitropplantas Crisantemo (Chrysanthemum sp.) en 9 medios de cultivo a los 27 días después de la siembra.*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: *Análisis de varianza ANOVA para el largo de brotes de vitropplantas de Crisantemo (Chrysanthemum sp.) a los 27 Días Después de la Siembra*

FV	GL	SC	CM	Fc	F T	
					5%	1%
Tratamientos	8	2,95	0,37	1,89	2,3	3,26
Error	27	5,26	0,19			
Total	35	8.79				
F. BAP	2	0,22	0,11	0,55	3,35	5,49
F. ANA	2	1,22	0,61	3,14	3,35	5,49
B/A	4	1,51	0,38	1,93	2,73	4,11

Fuente: Elaboración propia

El cuadro de ANOVA muestra que, aunque el tratamiento **T8 (B3A2)** empieza a despuntar con **1.57cm**, el análisis estadístico global sigue sin mostrar diferencias

consistentes ya que el valor de F calculada es menor al valor de F tabulada. La variabilidad entre las 4 repeticiones de cada tratamiento aún es alta, lo que impide afirmar que una combinación de BAP y ANA sea superior a otra en esta etapa del cultivo.

Significancia: No significativa ($F_c < F_t$)

Tabla 8: Cuadro de doble entrada del factor BAP/ANA

CUADRO DE DOBLE ENTRADA BAP/ANA					
BAP/ANA	A1=0	A2=0,025	A3=0,050	SUMA	MEDIA
B1=0,1	3,9	5,6	4,3	13,8	1,15
B2=0,2	5,3	3,8	2,5	11,6	0,96
B3=0,3	3,4	6,3	3,5	13,2	1,1
TOTAL	12,60	15,70	10,30	38,60	
MEDIA	1,05	1,3	0,85		

Fuente: Elaboración propia

Factor A (ANA): El mejor desempeño numérico se observa en el nivel **A2(0.025)** con una media de **1.3**, superando a **A1=1.05** y **A3=0.85**. Esto sugiere que una concentración intermedia de ANA favorece el crecimiento en altura.

Factor B (BAP): Los niveles **B1** y **B3** muestran medias marginales muy equilibradas (**1.15 vs 1.1**)

3.3 Largo de Brotes de Vitroplantas de Crisantemo

Tabla 9: *Largo de Brotes de Vitroplantas de Crisantemo (Chrysanthemum sp.) a los 34 Días Después de la Siembra*

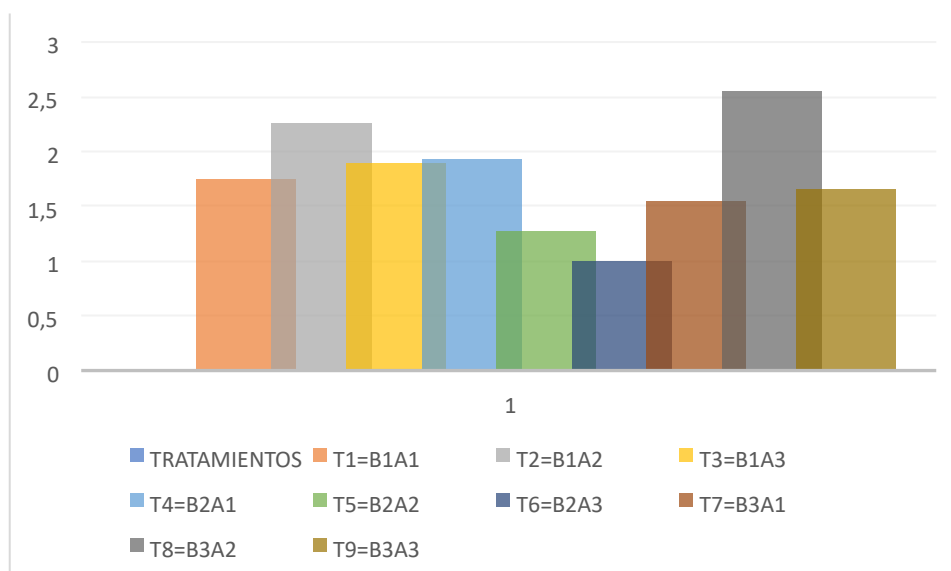
Tratamientos	Replicas					
	I	II	III	IV	Σ	X
T1=B1A1	1,5	2,9	1	1,6	7	1,75
T2=B1A2	2,6	1,7	1,5	3,2	9	2,25
T3=B1A3	2,7	1,7	1,6	1,6	7,6	1,9
T4=B2A1	1,4	3,2	1,1	2	7,7	1,925
T5=B2A2	2,5	0,6	0,8	1,2	5,1	1,275
T6=B2A3	1	1	1,5	0,5	4	1
T7=B3A1	1,1	2,5	1,3	1,3	6,2	1,55
T8=B3A2	2,5	2,3	3,7	1,7	10,2	2,55
T9=B3A3	3	0,5	1,4	1,7	6,6	1,65
Σ	18,3	16,4	13,9	14,8	63,4	

Fuente: Elaboración propia

Se alcanzan alturas máximas de **2.55cm**.

El **T8 (B3A2)** lidera esta tabla con una media de **2.55**, mientras que el **T6 (B2A3)** lleva el menor promedio con una media de 1. Estos cálculos demuestran que el aumento de **ANA a 00.050ml/L** parece tener un efecto negativo o menos eficiente en la altura cuando se combina con niveles intermedios de **BAP**, siendo el punto más bajo.

Tabla 10: *Altura promedio de vitropplantas Crisantemo (Chrysanthemum sp.) en 9 medios de cultivo a los 34 días después de la siembra.*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: *Análisis de varianza ANOVA para el largo de brotes de vitropplantas de Crisantemo (Chrysanthemum sp.) a los 34 Días Después de la Siembra*

FV	GL	SC	CM	Fc	F T	
					5%	1%
Tratamientos	8	7,12	0,89	1,57	2,3	3,26
Error	27	15,30	0,57			
Total	35	23.67				
F. BAP	2	2,36	1,18	2,1	3,35	5,49
F. ANA	2	1,56	0,78	1,4	3,35	5,49
B/A	4	3,20	0,80	1,4	2,73	4,11

Fuente: Elaboración propia

El ANOVA indica que no existen diferencias estadísticamente significativas, debido a que el valor de **F calculada (1.57)** no es mayor al de **F tabulada** al 1% ni al 5%. Sin

embargo, es una etapa de transición donde el nivel **B1 (0.1mg/L)** empieza a acumular la mayor biomasa (**Suma 23.6**).

Significancia: No significativa ($F_c < F_t$)

Tabla 12: Cuadro de doble entrada del factor BAP/ANA

CUADRO DE DOBLE ENTRADA BAP/ANA					
BAP/ANA	A1=0	A2=0,025	A3=0,050	SUMA	MEDIA
B1=0,1	7	9	7,6	23,6	1,96
B2=0,2	7,7	5,1	4	16,8	1,4
B3=0,3	6,2	10,2	6,6	23	1,91
TOTAL	20,9	24,3	18,2	63,4	
MEDIA	1,74	2,02	1,51		

Fuente: Elaboración propia

El análisis del cuadro de doble entrada revela que el nivel **A2 (2.02)** es superior al nivel **A3 (1.51)**, esto indica que existe un incremento en la altura hasta la dosis de 0.025mg/L, tras la cual el rendimiento decrece. El nivel **B2=1.4** refleja una depresión en el crecimiento a diferencia del nivel **B1 (1.96)**.

3.4 Largo de Brotes de Vitroplantas de Crisantemo

Tabla 13: *Largo de brotes de vitroplantas de Crisantemo (Chrysanthemum sp.) a los 41 días después de la siembra*

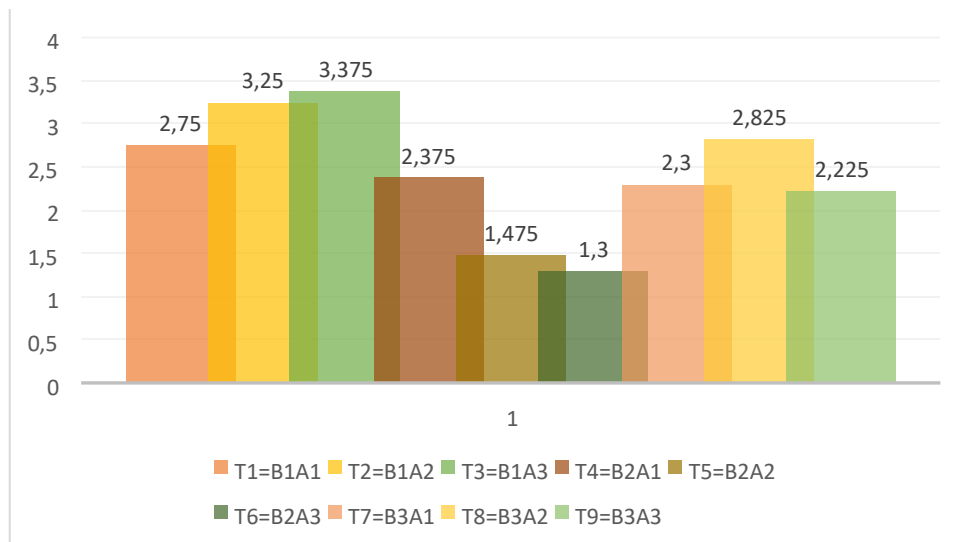
Tratamientos	Replicas					
	I	II	III	IV	Σ	X
T1=B1A1	2,4	4,2	1,7	2,7	11	2,75
T2=B1A2	3,8	2,2	2,9	4,1	13	3,25
T3=B1A3	4,1	2,6	3,2	3,6	13,5	3,375
T4=B2A1	1,8	3,7	1,2	2,8	9,5	2,375
T5=B2A2	3	0,7	1	1,2	5,9	1,475
T6=B2A3	1,1	1,4	1,9	0,8	5,2	1,3
T7=B3A1	1,5	3,2	2	2,5	9,2	2,3
T8=B3A2	3,3	2,3	4	1,7	11,3	2,825
T9=B3A3	3,4	0,4	2,4	2,7	8,9	2,225
Σ	24,4	20,7	20,3	22,1	87,5	

Fuente: Elaboración propia

El factor **BAP** muestra su mejor desempeño en el **nivel B1 (0.1mg/L)** acumulando una suma de **37.5cm.**

Se observa una caída drástica en el **nivel B2 (0.2mg/L)** con solo **20.6cm.** esto sugiere un efecto inhibitorio por efecto de citoquinina en esta fase del explante.

Figura 11: *Altura promedio de vitropplantas Crisantemo (Chrysanthemum sp.) en 9 medios de cultivo a los 41 días después de la siembra.*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: *Análisis de varianza ANOVA para el largo de brotes de vitropplantas de Crisantemo (Chrysanthemum sp.) a los 41 Días Después de la Siembra*

FV	GL	SC	CM	Fc	F T	
					5%	1%
Tratamientos	8	16,30	2,04	2,40*	2,3	3,26
Error	27	22,87	0,85			
Total	35	40.32				
F. BAP	2	11,91	5,95	7,0	3,35	5,49
F. ANA	2	0,32	0,16	0,2	3,35	5,49
B/A	4	4,07	1,019	1,2	2,73	4,11

Fuente: Elaboración propia

El valor de F calculada (**2.40**) supera al F tabulada (**2.30**). Esto permite afirmar, que al menos uno de los tratamientos es superior a los demás en la inducción de altura.

Significancia: Altamente significativo.

Tabla 15: Prueba de Tukey para comparación de medias de los tratamientos

2,5	3,375	3,25	2,825	2,75	2,375	2,3	2,225	1,475	1,3
1,3	2,075	1,95	1,525	1,45	1,075	1	0,925	0,175	0
1,475	1,9	1,775	1,35	1,275	0,9	0,825	0,75	0	
2,225	1,15	1,025	0,6	0,525	0,15	0,075	0		
2,3	1,075	0,95	0,525	0,45	0,075	0			
2,375	1	0,875	0,45	0,375	0				
2,75	0,625	0,5	0,075	0					
2,825	0,55	0,425	0						
3,25	0,125	0							
3,375	0								

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Diferencia de medias para los tratamientos

TRATAMIENTOS	MEDIAS
T3=B1A3	3,375 a
T2=B1A2	3,25 a
T8=B3A2	2,825 a
T8=B3A2	2,75 a
T4=B2A1	2,375 a
T7=B3A1	2,3 a
T9=B3A3	2,225 a
T5=B2A2	1,475 a
T6=B2A3	1,3 a

Fuente: Elaboración propia

El análisis de comparación de medias muestra que el tratamiento **T3** presentó el valor promedio más alto con **3.375**, seguido por **T2** con **3.25**, evidenciando una mejor respuesta en la variable evaluada. En contraste, el tratamiento **T6** registró la media más baja con **1.3**.

De acuerdo con el análisis ANOVA, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos al 5% de probabilidad, debido a que el valor de F calculada (**2.40**) fue superior al valor de F tabulada (**2.3**). Esto indica que las combinaciones hormonales utilizadas influyeron sobre la variable evaluada.

Sin embargo, en la prueba de comparación de medias de Tukey todos los tratamientos presentan la misma letra “a”, lo que sugiere que estadísticamente no se logró separar grupos homogéneos entre medias, posiblemente debido a la variabilidad experimental.

Tabla 17: Prueba de Tukey para el factor BAP

2,5	3,13	2,45	1,72	Factor BAP	MEDIAS
1,72	1,41	0,73	0	B1=0,1	3,13a
2,45	0,68	0		B3=0,3	2.45b
37,5				B2=0,2	1.72c

Fuente: Elaboración propia

El nivel **B1(0.1mg/L)** es el tratamiento que alcanzó la mayor altura promedio con **3.13cm**, ubicándose en el grupo superior “a”. Esto demuestra que una dosis baja de citoquinina es suficiente para estimular la elongación.

Tabla 18: Cuadro de doble entrada del factor BAP/ANA

CUADRO DE DOBLE ENTRADA BAP/ANA					
BAP/ANA	A1=0	A2=0,025	A3=0,050	SUMA	MEDIA
B1=0,1	11	13	13,5	37,5	3,13
B2=0,2	9,5	5,9	5,2	20,6	1,72
B3=0,3	9,2	11,3	8,9	29,4	2,45
TOTAL	29,7	30,2	27,6	87,5	
MEDIA	2,48	2,52	2,30		

Fuente: Elaboración propia

En este cuadro se muestra que el nivel **B1 (3.13)** toma una ventaja estadística clara sobre **B2 (1.72)** y **B3 (2.45)**.

El cuadro de doble entrada revela un dato crucial: para el nivel **B1(0.1mg/L)**, subir el ANA siempre aumenta la altura (**11.0 → 13.0 → 13.5**). En cambio, para el nivel **B2(0.2mg/L)**, subir el ANA reduce la altura (**9.5 → 5.9 → 5.2**).

Existe una interacción antagónica en el nivel **B2(0.2mg/L)**; la planta se estresa al aumentar la auxina bajo esa concentración específica de citoquinina.

3.5 Largo de Brotes de Vitroplantas de Crisantemo

Tabla 19: *Largo de brotes de vitroplantas de crisantemo (Chrysanthemum sp.) a los 48 días después de la siembra (Altura final)*

Tratamientos	Replicas					
	I	II	III	IV	Σ	X
T1=B1A1	3,6	5,5	3	3,4	15,5	3,875
T2=B1A2	4,9	3,4	3,5	4,6	16,4	4,1
T3=B1A3	5,5	4,5	3,6	4,2	17,8	4,45
T4=B2A1	2,1	3,8	1,7	2,9	10,5	2,625
T5=B2A2	3,3	0,8	2	1,4	7,5	1,875
T6=B2A3	1	1,5	2,2	1	5,7	1,425
T7=B3A1	1,5	3,1	2,1	2,7	9,4	2,35
T8=B3A2	3,9	2,7	4,5	1,9	13	3,25
T9=B3A3	3,8	0,9	3,5	2,9	11,1	2,775
Σ	29,6	26,2	26,1	25	106,9	

Fuente: Elaboración propia

Al final del ciclo, el nivel **B1 (0.1mg/L)** es indiscutiblemente el mejor, con una suma de **49.7cm**.

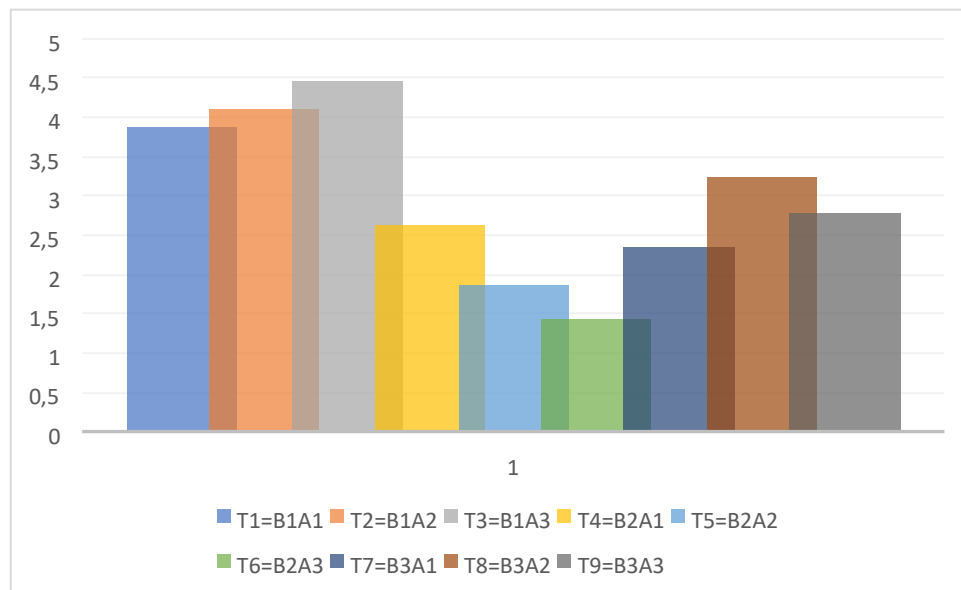
Si comparamos la suma de **B1 (49.7)** con **B2 (23.7)**, vemos que duplicar la dosis de

BAP redujo el crecimiento a la mitad. Esto es un hallazgo clave: el Crisantemo (*Chrysanthemum sp*) es muy sensible a dosis altas de **BAP** para su crecimiento vertical.

El **T3** finaliza con **4.45cm** de altura promedio. La combinación de **0.1mg/L** de **BAP** crea una relación hormonal donde la auxina **ANA** tiene suficiente espacio para estimular la elongación celular sin ser bloqueada por una concentración excesiva de citoquinina, que suele promover más la división (ancho/brotes) que la elongación (altura).

Es notable que el **T6**, que tiene la misma dosis de ANA que el ganador, pero con más **BAP**, obtuvo el resultado más bajo (**1.42**). Esto demuestra que el **BAP** en nivel **0.2mg/L** actúa como un antagonista del crecimiento longitudinal en este protocolo.

Figura 12: *Altura promedio de vitropplantas Crisantemo (*Chrysanthemum sp*) en 9 medios de cultivo a los 48 días después de la siembra.*



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: *Análisis de varianza ANOVA para el largo de brotes de vitroplantas de Crisantemo (Chrysanthemum sp.) a los 48 Días Después de la Siembra*

FV	GL	SC	CM	Fc	F T	
					5%	1%
Tratamientos	8	33,97	4,25	4,84**	2,3	3,26
Error	27	23,68	0,88			
Total	35	58.98				
F. BAP	2	28,74	14,37	16,4	3,35	5,49
f. ANA	2	0,23	0,11	0,1	3,35	5,49
B/A	4	5,01	1,252	1,4	2,73	4,11

Fuente: Elaboración propia

Se mantiene la alta significancia estadística ya que el valor de F calculada **4.84** supera al de F tabulado **2.3**. La variabilidad del error es baja, lo que da mucha confiabilidad a los promedios. A partir de la cuarta semana, el balance hormonal se vuelve crítico. Los resultados demuestran que la altura de los explantes de Crisantemo está sujeta a un control estricto de la concentración de **BAP**, donde dosis mínimas (**0.1mg/L**) en presencia de **ANA** (**0.05mg/L**) optimizan el desarrollo, mientras que dosis intermedias de BAP ejercen un efecto de supresión del crecimiento apical.

Tabla 21: *Prueba de Tukey para comparación de medias de los tratamientos*

1,8	4,45	4,1	3,875	3,25	2,775	2,625	2,35	1,875	1,425
1,425	3,025	2,675	2,45	1,825	1,35	1,2	0,925	0,45	0
1,875	2,575	2,225	2	1,375	0,9	0,75	0,475	0	
2,35	2,1	1,75	1,525	0,9	0,425	0,275	0		
2,625	1,825	1,475	1,25	0,625	0,15	0			
2,775	1,675	1,325	1,1	0,475	0				
3,25	1,2	0,85	0,625	0					
3,875	0,575	0,225	0						
4,1	0,35	0							
4,45	0								

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: *Diferencia de medias para los tratamientos*

TRATAMIENTOS	MEDIAS
T3=B1A3	4,45 a
T2=B1A2	4,41 ab
T1=B1A1	3,875 ab
T8=B3A2	3,25 abc
T9=B3A3	2,775 abc
T4=B2A1	2,625 bc
T7=B3A1	2,35 bc
T5=B2A2	1,875c
T6=B2A3	1,425

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de comparación de Tukey para los tratamientos evaluados mostró diferencias significativas entre las combinaciones hormonales utilizadas en la multiplicación *in vitro* de Crisantemo.

El tratamiento **T3** presentó la media más alta con un valor de 4.45, ubicándose en el grupo estadístico “a”, lo que indica un mejor comportamiento en la variable evaluada. De manera similar, los tratamientos **T2** con **4.41** y **T1** con **3.875** mostraron valores elevados, compartiendo parcialmente grupos estadísticos similares.

Por otro lado, el tratamiento **T6** registró la media más baja con un valor de **1.425**, evidenciando menor respuesta en comparación con los demás tratamientos.

Tabla 23: *Prueba de Tukey para el factor BAP*

1,8	4,14	2,79	1,98	Factor BAP	MEDIAS
1,98	2,16	0,81	0	B1=0,1	4,14a
2,79	1,35	0		B3=0,3	2,79b
4,14	0			B2=0,2	1,98c

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de esta prueba demuestran que los tres grupos tienen significancia distinta, el tratamiento **B1(0.1mg/L)** alcanzó la media más alta con **4.14**, el tratamiento **B3(0.3mg/L)** se ubicó en un segundo nivel de eficacia con una media de **2.79**, es estadísticamente inferior a **B1(0.1mg/L)** pero superior a **B2(0.2mg/L)** que obtuvo el rendimiento más bajo con una media de **1.98**.

Tabla 24: *Cuadro de doble entrada del factor BAP/ANA*

CUADRO DE DOBLE ENTRADA BAP/ANA					
BAP/ANA	A1=0	A2=0,025	A3=0,050	SUMA	MEDIA
B1=0,1	15,5	16,4	17,8	49,7	4,14
B2=0,2	10,5	7,5	5,7	23,7	1,98
B3=0,3	9,4	13	11,1	33,5	2,79
MEDIA	35,4	36,9	34,6	106,9	
MEDIA	2,95	3,08	2,88		

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla (Etapa final) el nivel **B1 de BAP** obtuvo la media más alta con **4.14**, consolidándose como el nivel más efectivo del factor B. El nivel **B2(0.2mg/L)** mostró la respuesta más baja, con una media de **1.98** y el nivel **A2 de ANA** obtuvo la media más alta con **3.08**.

Para optimizar la altura de los explantes en este ensayo, el nivel de **BAP a 0.1mg/L (B1)** es el factor determinante, especialmente cuando se combina con concentraciones bajas o moderadas de ANA.

3.6 Determinación del Número de Hojas

Tabla 25: *Determinación del número de hojas de vitroplantas de Crisantemo (Chrysanthemum sp.) a los 48 días después de la siembra*

Tratamientos	Replicas					
	I	II	III	IV	Σ	X
T1=B1A1	21	26	40	33	120	30
T2=B1A2	26	24	25	41	116	29
T3=B1A3	30	28	46	27	131	32,75
T4=B2A1	25	32	15	39	111	27,75
T5=B2A2	21	0	14	20	55	13,75
T6=B2A3	0	22	34	15	71	17,75
T7=B3A1	20	45	25	32	122	30,5
T8=B3A2	50	40	55	20	165	41,25
T9=B3A3	45	10	30	62	147	36,75
Σ	238	227	284	289	1038	

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se observa el promedio de hojas por cada explante:

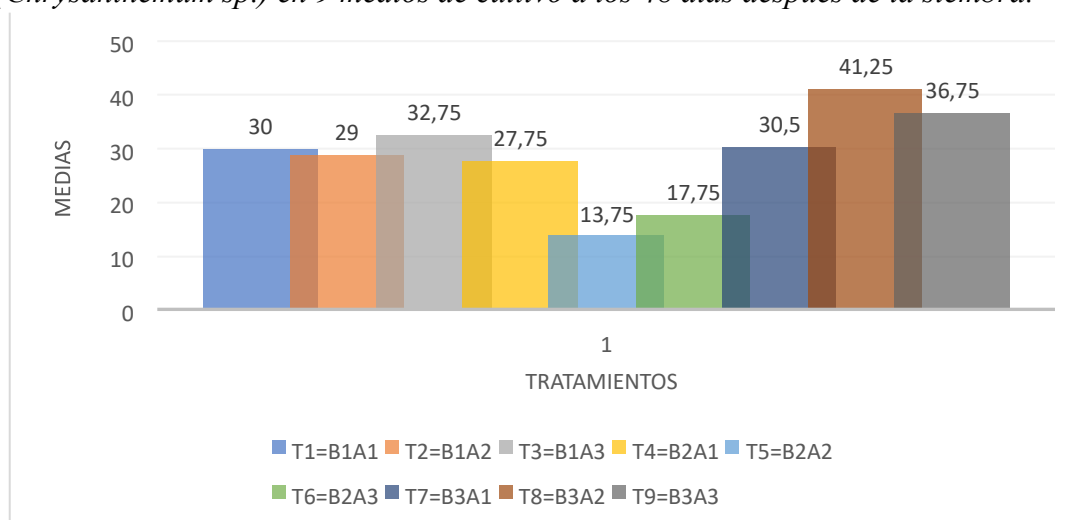
El tratamiento superior es el **T8 (B3A2)** con un promedio de **41,25 hojas** por explante es el punto máximo de vigor vegetativo. Es importante notar que en la réplica III alcanzó hasta 55 hojas, el valor individual más alto de todo el experimento.

El tratamiento inferior **T5 (B2A2)** tuvo el desempeño más bajo con solo **13.75 hojas** de promedio.

Existe una diferencia de casi 30 hojas entre el mejor y el peor tratamiento, lo que indica que la combinación de hormonas si genera un cambio físico drástico en el Crisantemo, aunque la estadística sea conservadora.

Figura 13: *Número promedio de hojas de las vitroplantas de Crisantemo*

(*Chrysanthemum sp.*) en 9 medios de cultivo a los 48 días después de la siembra.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Análisis de varianza ANOVA para el promedio de hojas de las vitropplantas de Crisantemo (*Chrysanthemum sp.*) en 9 medios de cultivo a los 48 días después de la siembra.

FV	GL	SC	CM	Fc	F T	
					5%	1%
Tratamientos	8	2351,5	293,94	1,96	2,3	3,26
Error	27	4045,39	149,83			
Total	35	6729				
F. BAP	2	1672,17	836,08	5,6	3,35	5,49
F. ANA	2	13,17	6,58	0,0	3,35	5,49
B/A	4	666,17	166,542	1,1	2,73	4,11

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza para el número de hojas mostró que los tratamientos evaluados no presentaron diferencias estadísticas significativas, debido a que la F calculada al **1.96** es menor a la F tabulada **2.3**. Sin embargo, al analizar los factores por separado, el factor BAP presentó diferencias significativas al 5% de probabilidad (**Fc=5.6 > Ft=3.35**), indicando que las diferentes concentraciones de BAP influyeron

significativamente en el desarrollo foliar de las vitroplantas, por lo que se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar diferencias entre niveles de BAP.

Tabla 27: *Prueba de Tukey para el factor BAP*

23,87	36.17	30.58	19.75	Factor BAP	MEDIAS
19.75	197	130	0	B3=0,3	36,17
30.58	67	0		B1=0,1	30,58
36.17	0			B2=0,2	19,75

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Tukey confirma que el nivel **B3 (36.17)** es **significativamente mejor que el B2 (19.75)** para producir hojas. Según los cálculos visibles en la matriz de la izquierda (valor crítico de **23.87**), la diferencia entre el nivel más alto **B3(0.3mg/L)**. y el más bajo **B2(0.2mg/L)** es de **16.42**, lo cual confirma estadísticamente la superioridad de **B3(0.3mg/L)** para esta variable específica.

Tabla 28: *Cuadro de doble entrada del factor BAP/ANA*

CUADRO DE DOBLE ENTRADA BAP/ANA					
BAP/ANA	A1=0	A2=0,025	A3=0,050	SUMA	MEDIA
B1=0,1	120	116	131	367	30,58
B2=0,2	111	55	71	237	19,75
B3=0,3	122	165	147	434	36,17
MEDIA	353,0	336,0	349,0	1038,0	
MEDIA	29,42	28,00	29,08		

Fuente: Elaboración propia

Este cuadro resume el efecto de los factores principales. Es el que mejor explica los resultados:

Factor BAP (Filas): Aquí se ve claramente que a medida que sube la dosis de BAP, aumenta el número de hojas. El nivel **B3(0.3mg/L)** es el ganador con una media de **36.17**, seguido por el **B1(0.1mg/L)** por con **30.58** y el **B2** con **19.75**.

Factor ANA (Columnas): Las medias **A1=29.42**, **A2=28.00**, **A3=29.08** son muy parecidos entre sí. Esto permite concluir que la cantidad de hojas en el Crisantemo depende fuertemente del **BAP** y es poco afectada por las variaciones de ANA en estas dosis.

Punto de Máxima Eficiencia: La intersección de **B3(0.3mg/L)** con **A2** (165 hojas) es el “pico” de producción del experimento.

3.7 Evaluación del Vigor Morfológico

Tabla 29: Evaluación del vigor morfológico de vitroplantas de Crisantemo (*Chrysanthemum sp.*) a los 48 días después de la siembra

Tratamientos	Replicas					
	I	II	III	IV	Σ	X
T1=B1A1	2	8	3	3	16	4
T2=B1A2	8	3	3	6	20	5
T3=B1A3	8	6	3	4	21	5,25
T4=B2A1	0	3	0	2	5	1,25
T5=B2A2	3	0	0	0	3	0,75
T6=B2A3	0	0	0	0	0	0
T7=B3A1	0	3	0	2	5	1,25
T8=B3A2	4	2	6	0	12	3
T9=B3A3	3	0	3	0	6	1,5
Σ	28	25	18	17	88	

Fuente: Elaboración propia

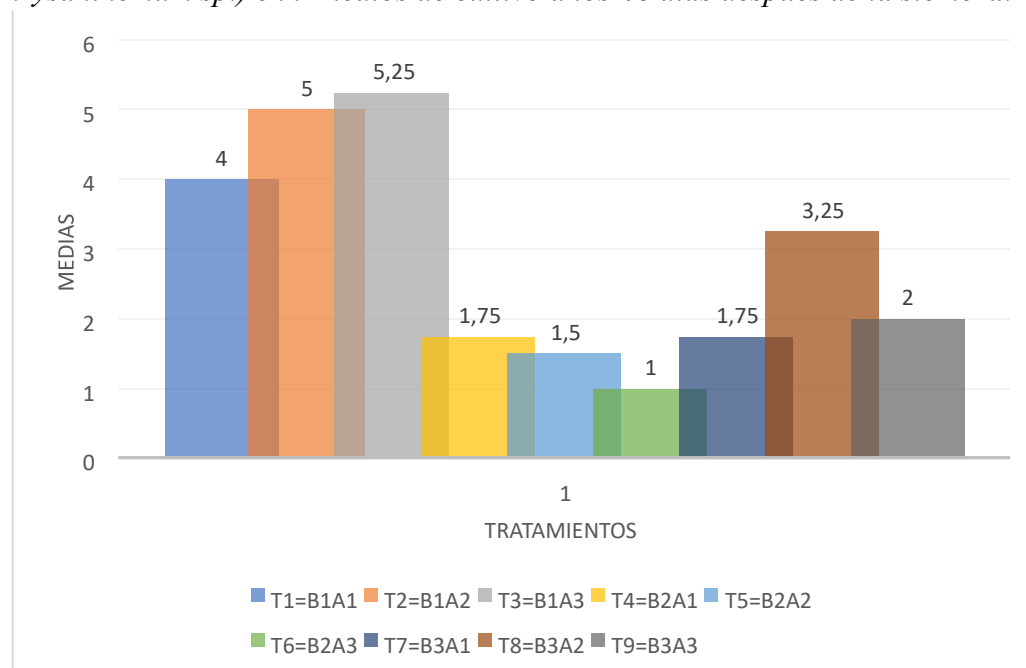
Esta tabla detalla el comportamiento individual de los 9 tratamientos y sus réplicas.

El tratamiento **T3 (B1A3)**, con 0.1mg/L de BAP, alcanzó el promedio de vigor más alto de todo el experimento con **5.25**. Es el único tratamiento que supera la barrera de los 5 puntos, indicando explantes con una sanidad excepcional.

Los tratamientos **T2 (5.0)** y **T1 (4.0)** también muestran resultados sobresalientes. Curiosamente, todos pertenecen al **B1**, lo que confirma que la dosis baja de citoquinina mantiene la mejor salud visual del Crisantemo.

El tratamiento **T8 (B3A2)** destaca dentro del grupo con un promedio de **3.0**, mostrando que en dosis altas de BAP, una dosis media de ANA ayuda a rescatar el vigor.

Figura 14: Medida promedio de vigor de las vitropplantas de Crisantemo (*Chrysanthemum sp.*) en 9 medios de cultivo a los 48 días después de la siembra.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: *Análisis de varianza ANOVA para el vigor morfológico de vitroplantas de crisantemo (Chrysanthemum sp.) a los 48 días después de la siembra*

FV	GL	SC	CM	Fc	F T	
					5%	1%
Total	35	223				
Tratamientos	8	118,9	14,86	4,25**	2,3	3,26
Error	27	94,44	3,50			
F. BAP	2	105,06	52,53	15,0	3,35	5,49
f. ANA	2	4,06	2,03	0,6	3,35	5,49
B/A	4	9,78	2,444	0,7	2,73	4,11

Fuente: Elaboración propia

El Análisis de Varianza para la variable vigor arrojó un valor de F calculada de **4.25**, el cual es superior al valor de F tabulada de **2.30**. Este resultado confirma la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, validando estadísticamente que las variaciones en la salud de los explantes son consecuencia directa de las concentraciones de BAP y ANA empleadas y no producto del azar experimental.

Tabla 31: *Prueba de Tukey para comparación de medias de los tratamientos*

3,65	5,25	5	4	3,25	2	1,75	1,75	1,5	1
1	4,25	4	3	2,25	1	0,75	0,75	0,5	0
1,5	3,75	3,5	2,5	1,75	0,5	0,25	0,25	0	
1,75	3,5	3,25	2,25	1,5	0,25	0	0		
1,75	3,5	3,25	2,25	1,5	0,25	0			
2	3,25	3	2	1,25	0				
3,25	2	1,75	0,75	0					
4	1,25	1	0						
5	0,25	0							
5,25	0								

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: *Diferencia de medias para los tratamientos*

TRATAMIENTOS	MEDIAS
T3=B1A3	5,25a
T2=B1A2	5ab
T1=B1A1	4abc
T8=B3A2	3,25abc
T9=B3A3	2abc
T4=B2A1	1.75abc
T7=B3A1	1,75abc
T5=B2A2	1,5bc
T6=B2A3	1c

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Tukey para la variable de vigor mostró diferencias entre los tratamientos evaluados. El **T3 (B1A3)** presentó el mayor valor promedio con una media de **5.25** ubicándose en el grupo estadístico “a”, lo que indica un mejor vigor morfológico de las vitroplantas de Crisantemo.

Por otro lado, los tratamientos **T4 (B2A1)**, **T7(B3A1)** y **T5(B2A2)** presentaron menores valores de vigor. El tratamiento T6(B2A3) registró la media más baja con un valor de **1**, perteneciendo al grupo estadístico “c” evidenciando el menor desarrollo morfológico entre los tratamientos evaluados.

Tabla 33: *Prueba de Tukey para el factor BAP*

3,65	4,75	1,92	0,67	factor BAP	MEDIAS
0,67	4,08	1,25	0	B1=0,1	4,75a
1,92	2,83	0		B3=0,3	1,92b
4,75	0			B2=0,2	0,67c

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Tukey agrupa los niveles de BAP con letras de significancia:

Rango “a” (**Nivel B1 – 4.75**) es significativamente superior a todos los demás. Estadísticamente es la recomendación principal para asegurar la supervivencia de la vitroplanta, el rango “b” (**Nivel B3 – 1.92**) se ubica en una posición intermedia y en último lugar el rango “c” (**Nivel B2 – 0.67**) es el nivel con peor desempeño sanitario.

Tabla 34: Cuadro de doble entrada del factor BAP/ANA

CUADRO DE DOBLE ENTRADA BAP/ANA					
BAP/ANA	A1=0	A2=0,025	A3=0,050	SUMA	MEDIA
B1=0,1	16	20	21	57	4,75
B2=0,2	5	3	0	8	0,67
B3=0,3	5	12	6	23	1,92
TOTAL	26,0	35,0	27,0	88,0	
MEDIA	2,17	2,92	2,25		

Fuente: Elaboración propia

El cuadro de doble entrada revela que la interacción entre ambos reguladores es clave para la estabilidad del explante. Mientras que el factor BAP actúa como el motor principal del vigor, el nivel **A2 ANA** demostró ser el complemento óptimo, logrando la mayor media (**2.92**) a través de los diferentes niveles de citoquinina. La marcada superioridad del nivel **B1(4.75)** en vigor coincide con los resultados de altura obtenidos previamente, sugiriendo que las dosis bajas de BAP permiten un desarrollo armónico y saludable del Crisantemo *in vitro*.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Capítulo IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se concluye que para la variable altura el tratamiento T3 (BAP 0,1mg/L - ANA 0.050mg/L) es el más efectivo para promover el crecimiento longitudinal, alcanzando la mayor media con 4.45 cm, situándose en el rango superior (grupo "a"). Por el contrario, el tratamiento T6 (B2A3) resultó ser el menos eficiente con una media de apenas 1.425 cm. Los tratamientos T2 y T1 mostraron un comportamiento intermedio-alto, sin diferencias significativas con el líder, lo que sugiere que concentraciones bajas de BAP (B1=0.1) favorecen el alargamiento del tallo.
- Para la variable Tasa de Multiplicación, el análisis del factor BAP demuestra que el nivel B3 (0.3 mg/L) es significativamente superior para la producción foliar, obteniendo un promedio de 36.17 hojas, superando estadísticamente al nivel B2 (0.2 mg/L), que registró la menor productividad con 19.75 hojas. En la interacción de factores (BAP/ANA), se observa que la combinación de niveles intermedios de auxinas y niveles altos de citoquininas es clave para maximizar el área fotosintética del explante.
- En cuanto a la variable Vigor de las vitroplantas, el tratamiento T3 (B1A3) destacó nuevamente con la puntuación más alta de 5.25 (grupo "a"), evidenciando un desarrollo morfológico óptimo. Los niveles intermedios están representados por tratamientos como T8 y T9, que oscilan en el rango de 2 a 3.25 en la escala de vigor. Finalmente, el tratamiento T6 vuelve a presentar el desempeño más deficiente con un valor de 1, indicando que ciertas combinaciones hormonales inhiben el desarrollo robusto de la planta en condiciones de laboratorio.
- En el análisis integral de la interacción BAP x ANA, se acepta la hipótesis alternativa (H_{a1}), puesto que se comprobó que el efecto de la citoquinina depende de la concentración de auxina presente. El colapso de vigor en el tratamiento T6 y el éxito del T8 permiten concluir que el equilibrio hormonal es más crítico que el efecto individual de cada regulador.

4.2 Recomendaciones

- Basado en la acepción de la hipótesis sobre el vigor, se recomienda utilizar el tratamiento T3 (0.1mg/L BAP + 0.05mg/L ANA) para la obtención de plantas con características morfológicas superiores para la fase de enraizamiento.
- Debido al rechazo de los niveles intermedios de BAP por su baja eficiencia, se sugiere descartar la concentración de 0.2mg/L en protocolos comerciales para evitar pérdidas de material vegetal por necrosis.
- Debido a que el tratamiento T8 (0.3mg/L de BAP y 0.025 mg/L de ANA) mostró la mayor tasa de multiplicación foliar, se sugiere su aplicación específica en las etapas iniciales de multiplicación masiva, donde el objetivo primordial sea la obtención de una gran cantidad de nudos y láminas foliares para incrementar el inventario de explantes en el menor tiempo posible.
- Es altamente recomendable realizar estudios de seguimiento sobre la etapa de aclimatación ex vitro de las plántulas obtenidas. Se debe evaluar si el vigor excepcional logrado con el nivel B1 o la alta densidad foliar del nivel B3 se traduce en una mayor resistencia al estrés hídrico y una mejor tasa de supervivencia al ser transferidas a sustratos orgánicos en condiciones controladas.
- Finalmente, se sugiere socializar los resultados de la presente investigación con las asociaciones de floricultores locales, promoviendo el uso de la biotecnología vegetal como una herramienta viable para la obtención de material de siembra de alta calidad sanitaria, libre de patógenos y con un desarrollo morfológico estandarizado.