**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

# "Evaluación del ácido indol-3-butírico (IBA) en explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Super Chola en condición *in vitro*"


**AUTOR:**

Alexis Onofre Medina Lagos

**TUTOR:**

Ing. Mg. Dobronski Arcos Jorge Enrique


**CEVALLOS – ECUADOR 2025**

**CEVALLOS, 2025**

**"Evaluación del ácido indol-3-butirico (IBA) en explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Super Chola en condición *in vitro*"**

REVISADO POR:

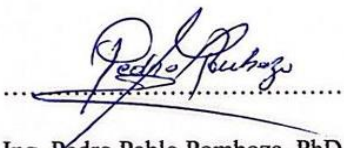


Ing. Mg. Ing. Dobronski Arcos Jorge Enrique

TUTOR

**APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:**

**Fecha**



22/07/2025

Ing. Pedro Pablo Pomboza, PhD.

PRESIDENTE DE TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



22/07/2025

Ing. Mg. Pérez Salinas Ruth Narcisa

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



22/07/2025

Ing. Mg. León Gordón Olguer Alfredo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito**, ALEXIS ONOFRE MEDINA LAGOS,** portador de cédula de ciudadanía número: **1804108247,** libre y voluntariamente declaro que el informe Final del Proyecto de investigación titulado: **"Evaluación del ácido indol-3-butírico (IBA) en explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Super Chola en condición *in vitro*"** es original, autentico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



Alexis Onofre Medina Lagos
1804108247

## DERECHO DE AUTOR

Al presentar este informe Final del Proyecto de Investigación titulado **"Evaluación del ácido indol-3-butírico (IBA) en explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Super Chola en condición *in vitro"*** como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



Alexis Onofre Medina Lagos
1804108247

## DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada principalmente a Dios y al Divino Niño Jesús, por ser mi luz, mi guía y mi refugio en los momentos de mayor dificultad.

Esta meta va dedicada a mi padre Onofre Medina y a mi madre Janeth Lagos, pilares fundamentales de mi vida, y en especial a mi madre cuyo amor incondicional y sacrificio han sido el motor de cada uno de mis logros.

A mi hija Victoria Medina, mi mayor fortaleza, cuyo amor me impulsa cada día a ser mejor. A mi esposa Magaly Espín, a quien amo profundamente, gracias por tu apoyo firme, tu paciencia y tu compañía desde el inicio hasta el final de este camino de mi carrera.

A mis sobrinos, terrenales y angelicales, que me bendicen con su presencia o desde el cielo. Esta dedicatoria también es para ustedes.

A mis hermanas Anita, Ibeth y Abigail un “Dios les pague” las amo mucho gracias por su sincera paciencia ya que son mi ejemplo a seguir en esta vida.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios Todo poderoso y al Divino Niño Jesús, por haberme sostenido con su gracia divina durante cada etapa de este proyecto. A mis padres, en especial a mi madre Janeth Lagos, gracias por ser mi roca y mi mayor inspiración. A mis hermanas que son mis pilares desde niño.

A mi esposa, gracias por ser mi compañera y apoyo incondicional, junto a mi hija Victoria, que es mi fuerza, mi sonrisa diaria y mi razón más grande.

A mis sobrinos, tanto los que me acompañan en esta vida como aquellos que me guían desde el cielo, su presencia ha sido una bendición que me impulsa.

Gracias a todos y cada uno de mis compañeros por su apoyo en este camino académico.

A mi tutor, Ing. Mg. Jorge Enrique Dobronski Arcos, por su compromiso y respaldo incondicional desde el inicio hasta la culminación del proyecto.

A la Ing. Vanessa Frutos encargada del laboratorio de Biotecnología, gracias por su paciencia y generosidad durante el desarrollo de este trabajo.

Expreso también mi más profundo agradecimiento a todos los ingenieros docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias por su orientación académica.

# ÍNDICE GENERAL

**CAPÍTULO I** ..... **1**
**INTRODUCCIÓN** ..... **1**
**MARCO TEÓRICO** ..... **3**
**1.1. Características Taxonómicas de la papa (*Solanum tuberosum*. L) Var. Super Chola.** ..... **3**
**1.2. Su origen** ..... **3**
**1.3. Características morfológicas** ..... **3**
**1.4. Características agronómicas** ..... **4**
**1.5. Reacción a enfermedades** ..... **4**
***1.6.* Micropropagación *in vitro*** ..... **4**
**1.7. Antecedentes investigativos** ..... **5**
**1.8. Variables** ..... **6**
**1.8.1. Variable dependiente (respuesta)** ..... **6**
**1.8.2. Variables Independientes** ..... **7**
**1.9. Hipótesis** ..... **8**
**1.10. Objetivos** ..... **9**
**1.10.1. Objetivo general** ..... **9**
**1.10.2. Objetivos específicos** ..... **9**
**CAPÍTULO II** ..... **10**
**METODOLOGÍA** ..... **10**
**2.1. Ubicación del proyecto** ..... **10**
**2.2. Materiales y equipos** ..... **10**
**2.2.1. Materiales** ..... **10**
**2.2.2. Material de oficina** ..... **11**
**2.2.3. Explantes** ..... **11**
**- Explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) Var. Super Chola** ..... **11**
**2.2.4. Reactivos** ..... **11**
**2.2.5. Equipos** ..... **11**
**2.3. Factores de estudio** ..... **11**
**2.3.1. Factor 1: Medio de cultivo:** ..... **11**
**2.4. Manejo del experimento** ..... **12**

**2.4.1. Obtención y preparación de los explantes ..... 13**
**2.5. Condiciones de incubación ..... 16**
**2.6. Manipulación adecuada ..... 16**
**2.7. Control de la contaminación ..... 16**
**2.8. Subcultivo o trasplante ..... 16**
**2.9. Registro y seguimiento ..... 16**
**2.10. Observación y toma de datos: Fase de multiplicación y enraizamiento ..... 16**
**2.11. Diseño experimental ..... 17**
**2.12. Tratamientos experimentales ..... 17**
**2.13. Unidad experimental ..... 17**
**CAPÍTULO III ..... 18**
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN ..... 18**
**3.1. Evaluar las características agronómicas resultantes de los explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) tratados con ácido indol-3-butírico (IBA) ..... 18**
**3.2. Determinar el efecto de las concentraciones de ácido indol-3-butírico (IBA) en él enraizamiento, desarrollo de brotes nodales y altura de explantes ..... 22**
**3.3. Comprobación de la hipótesis ..... 25**
**CAPÍTULO IV ..... 26**
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 26**
**4.1. CONCLUSIONES ..... 26**
**4.2. RECOMENDACIONES ..... 27**
**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 28**
**ANEXOS ..... 32**

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica de la papa (*Solanum tuberosum* L.) Var. Super Chola. ..... 3

**Tabla 2.** Diseño factorial el cual generará un total de 4 combinaciones de tratamientos (2 niveles de IBA x 2 tipos de medio), más 2 tratamientos adicionales (control), para un total de 6 tratamientos. ..... 17

**Tabla 3.** Evaluación de la altura de explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.). Variedad Super Chola tratados con ácido indol-3-butírico (IBA) en la fase de multiplicación a los 7, 12, 21, 28 y 35 días. ..... 19

**Tabla 4.** Evaluación del número de brotes por explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.). Variedad Super Chola tratados con ácido indol-3-butírico (IBA) en fase de multiplicación a los 7, 14, 21, 28 y 35 días. ..... 21

**Tabla 5**. Efecto de las concentraciones de ácido indol-3-butirico (IBA) en la longitud radicular de los explantes en fase de enraizamiento a los 35 días. . 23

**Tabla 6.** Efecto de las concentraciones de ácido indol-3-butirico (IBA) sobre él % de enraizamiento de explantes de papa (*Solanum tuberosum* L) Variedad Super Chola en fase de enraizamiento a los 35 días..... 24

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Diagrama de actividades realizado para la introducción y establecimiento de plantas madre para el manejo del ensayo en la fase de multiplicación y enraizamiento. ..... 13

**Figura 2**. Diagrama de actividades realizado para determinar los efectos del ácido indol-3- butírico (IBA) en la multiplicación de explantes de papa (Solanum tuberosum L.). ..... 15

**Figura 3.** Explantes de papa (Solanum tuberosum L.) Variedad Super Chola establecidas in vitro agregados dos factores de estudio F1 (Medios MS y B5) y F2 (concentraciones de IBA (0.5-1.0 y control 0)) monitoreados la altura a los 7, 14, 21, 28, 35 días. ..... 20

**Figura 4**. Explantes de papa (Solanum tuberosum L.) Variedad Super Chola establecidas in vitro con diferentes concentraciones de IBA (0.5-1.0 y control 0) y presencia de brotes nodales. ..... 21

**Figura 5.** Tratamientos de explantes de papa (Solanum tuberosum L.) Variedad Super Chola en medios (MS) Y (B5) con concentraciones (0.5ml-1.0ml-control 0ml) presentando enraizamiento a los 35 días. ..... 23

**Figura 6.** Tratamientos en explantes de papa (Solanum tuberosum L.) Variedad Super Chola en medios **(MS)** Y **(B5)** con concentraciones (0.5 ml, 1.0 ml y control 0 ml) presentando enraizamiento a los 35 días). ..... 25

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexos 1**. Tabla de datos de altura, numero de brotes y longitud de raíz. .....32
**Anexos 2.** Tabla de datos ANOVA.....43
**Anexos 3.** Tabla de análisis de medias .....44

## RESUMEN

El estudio evaluó el efecto del ácido indol-3-butírico (IBA) en el desarrollo in vitro de explantes de papa Var. Super Chola, analizando enraizamiento, brotación y altura. Se aplicaron tres concentraciones de IBA en dos medios de cultivo (MS y B5) sobre 240 explantes, bajo condiciones controladas en la Universidad Técnica de Ambato.

El protocolo consistió en desinfectar brotes nodales, preparar medios y evaluar seis tratamientos durante 35 días. El medio B5 superó al MS en enraizamiento y crecimiento, independientemente de la concentración de IBA.

El tratamiento B5 con 1.0 mg/L de IBA alcanzó el mayor porcentaje de enraizamiento (85%) y la mayor longitud radicular (3.03 cm). Incluso sin IBA, el medio B5 mostró buenos resultados (72.5%), a diferencia del MS, que no superó el 17.5% de enraizamiento y presentó un desarrollo radicular deficiente.

El medio Gamborg, con o sin IBA, es una opción viable para mejorar el enraizamiento en la micropropagación de papa, favoreciendo plantas sanas y uniformes.



**PALABRAS CLAVE:** ENRAIZAMIENTO, MICROPROPAGACIÓN, IBA, *SOLANUM TUBEROSUM*, MEDIO DE CULTIVO, EXPLANTES.

## ABSTRACT

He studies evaluated the effect of indole-3-butyric acid (IBA) on the in vitro development of potato explants Var. Super Chola, analyzing rooting, sprouting and height. Three concentrations of IBA in two culture media (MS and B5) were applied on 240 explants under controlled conditions at the Technical University of Ambato.

The protocol consisted of disinfecting nodal shoots, preparing media and evaluating six treatments for 35 days. B5 medium outperformed MS in rooting and growth, regardless of IBA concentration.

Treatment B5 with 1.0 mg/L IBA achieved the highest rooting percentage (85%) and root length (3.03 cm). Even without IBA, B5 medium showed good results (72.5%), unlike MS, which did not exceed 17.5% rooting and presented poor root development.

Gamborg medium, with or without IBA, is a viable option to improve rooting in potato micropropagation, favoring healthy and uniform plants.



**KEYWORDS:** ROOTING, MICROPROPAGATION, IBA, *SOLANUM TUBEROSUM*, CULTURE MEDIUM, EXPLANTS.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La agricultura biotecnológica esta transformado considerablemente el ámbito agrícola, esto lo logra mediante la creación de tecnologías que mejoran las propiedades agronómicas y la resistencia a enfermedades. Además de un punto clave como la micropropagación *in vitro,* puesto que esto permite la producción masiva de plantas sanas y con mejores e interesantes características agronómicas. En cultivos de gran importancia comercial, como la papa (*Solanum tuberosum*), estas técnicas contribuyen de forma decisiva en el tema de seguridad alimentaria. El uso de reguladores del crecimiento vegetal como el ácido indol-3-butírico (IBA) resulta fundamental para estimular el enraizamiento y asegurar plantas más robustas **(Ventocilla, 2024).**

En Ecuador, el cultivo de papa es un pilar agroalimentario, especialmente en la Sierra, por encima de los 3 000 m.s.n.m. Las zonas norte, centro y sur concentran la producción, con Carchi destacándose por sus condiciones agroecológicas, la cercana disponibilidad de mercados y la experiencia de sus agricultores. Para lograr altos rendimientos, es fundamental disponer de semillas certificadas y libres de enfermedades, algo que la micropropagación facilita notablemente **(Peña, 2023).** Sin embargo, los métodos de propagación tradicionales enfrentan riesgos considerables, tales como la susceptibilidad a plagas, virus, enfermedades y factores edafoclimáticos que pueden perjudicar su rendimiento **(Tipantasig, 2023).**

La forma en la que actúan los tejidos vegetales al desarrollarse puede diferir de acuerdo con sus necesidades nutritivas. Se han implementado medios de cultivo basados en soluciones nutritivas usadas para la micropropagación de plántulas. En la actualidad, los medios más

utilizados son el de Murashige y Skoog (MS) y Gamborg (B5). Es primordial que estos medios contengan en su composición nutrientes como macronutrientes, micronutrientes, vitaminas, aminoácidos, fuentes de carbono, reguladores del crecimiento y agentes para solidificar, ya que la concentración de nutrientes se ajusta según la especie del cultivo **(Kumar et al., 2023)**.

La utilización de reguladores de crecimiento, como el ácido indol-3-butírico (IBA), potencia la formación y desarrollo de las estructuras vegetales. Su función es equilibrar la división celular. Además, tiene la capacidad de asegurar la efectividad de la micropropagación de la papa (*Solanum tuberosum*), lo que ha llevado a los investigadores a estudiar su efecto en el crecimiento *in vitro* de este cultivo. En la micropropagación *in vitro*, varios factores clave influyen, tales como el desarrollo de raíces, el crecimiento de brotes y el establecimiento de plántulas; estos factores son cruciales para determinar la cantidad **(Jabeen, 2021).**

Estudios recientes destacan que la combinación de reguladores de crecimiento con tecnologías avanzadas mejora la calidad y uniformidad de plantas micropropagadas, impulsando una agricultura sostenible **(Kumar et al., 2023)**. El uso de medios enriquecidos con IBA ha incrementado el enraizamiento y vigor en cultivos como la papa **(Martínez & Gómez, 2024).** La micropropagación también es clave frente al cambio climático y la seguridad alimentaria, al conservar y multiplicar genotipos adaptados **(Singh et al., 2022)**. En Ecuador, su fortalecimiento es esencial para garantizar semillas certificadas y mejorar la productividad en zonas altoandinas **(Ramírez & Morales, 2023).**

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Características Taxonómicas de la papa (*Solanum tuberosum*. L) Var. Super Chola.

**Tabla 1**. *Clasificación taxonómica de la papa (Solanum tuberosum L.) Var. Super Chola.*

| TAXONOMÍA | |
|---|---|
| **Reino** | Plantae |
| **División** | Magnoliophyta |
| **Clase** | Magnoliopsida |
| **Subclase** | Asteridae |
| **Orden** | Solanales |
| **Familia** | Solanaceae |
| **Género** | Solanum |
| **Especie** | *S. tuberosum* |

**Fuente:** (Rodríguez, 2009).

### 1.2. Su origen

El investigador Bastidas por medio de la reproducción genética controlada de las variedades Curipamba Negra y (*Solanum demissum*), continuo de un cruce adicional mediante un clon resistente que mostraba su comida amarilla. Esta variedad fue expuesta públicamente en 1984, llegando a ser reconocida por su rendimiento y adaptabilidad en zonas altas andinas **(INIAP, 2012).**

### 1.3. Características morfológicas

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) presenta entre sus características morfológicas un desarrollo erecto, además de múltiples tallos, presenta un color verde con pigmentación púrpura. En su madurez presenta un follaje frondoso. Las hojas son de color verde intenso y abiertas, compuestas por tres pares de foliolos primarios, tres pares

secundarios y cinco pares terciarios. Sus flores presentan una singularidad de tono morado y sus tubérculos también pasan por un período de reposo aproximado de 80 días, facilitando su manejo y almacenamiento **(INIAP, 2012).**

### 1.4. Características agronómicas

La variedad Super Chola es recomendada para las zonas altas del norte y centro del Ecuador, entre los 2800 y 3600 metros sobre el nivel del mar. Su período de maduración va de aproximadamente 180 días a una altitud de 3000 metros, ofreciendo un rendimiento promedio de 30 toneladas por hectárea, posicionándose como una variedad altamente productiva en condiciones óptimas de manejo **(INIAP, 2012).**

### 1.5. Reacción a enfermedades

Algunas de las enfermedades presentadas en el cultivo son:

- Susceptible a la lancha (*Phytophthora infestans*).
- Medianamente resistente a la roya (*Puccinia pittieriana*).
- Tolerante al nematodo del quiste de la papa (*Globodera pallida*).

Para obtener un máximo rendimiento es necesario implementar la planificación del manejo fitosanitario **(INIAP, 2012).**

### *1.6.* Micropropagación *in vitro*

La micropropagación *in vitro* es una técnica ampliamente utilizada en la agricultura moderna, existiendo ya cultivos hortícolas, ornamentales, frutales y forestales. Según **López (2017)**, esta técnica consiste en procedimientos asépticos que implican la manipulación de órganos, tejidos o células vegetales para producir plántulas "limpias" y libres de contaminantes. A diferencia de la propagación vegetativa convencional, esta metodología permite un control riguroso de las condiciones de cultivo, mejorando la calidad y homogeneidad de las plantas producidas.

En el caso de la papa, la micropropagación *in vitro* se ha consolidado como una herramienta clave para la obtención de materiales fitosanitarios libres de enfermedades, optimizando la producción y

garantizando la sostenibilidad del cultivo en condiciones de alta demanda y presión ambiental. **(López, 2017).**

### 1.7. Antecedentes investigativos

La micropropagación *in vitro* es una técnica ampliamente empleada en la agricultura moderna para la propagación rápida y masiva de plantas bajo condiciones estériles y controladas, a partir de tejidos vegetales. En el caso de la papa (*Solanum tuberosum* L.), esta técnica ha demostrado ser eficaz para la obtención de plantas libres de patógenos y para la producción de semilla de alta calidad. **López (2017)** señala que la micropropagación permite un crecimiento homogéneo y acelerado de los explantes, optimizando el rendimiento del cultivo. Estudios recientes respaldan estos beneficios, destacando que el uso de medios enriquecidos con reguladores de crecimiento vegetal mejora significativamente la multiplicación y producción de microtubérculos, como se evidenció en la variedad Cecilia **(Ariste et al., 2025).**

Uno de los principales retos en la micropropagación de papa es el enraizamiento, influido por el tipo de medio y las hormonas como el IBA, clave en la formación de raíces. **Silva Filho et al. (2024)** demostraron que la combinación de IBA con sistemas de inmersión temporal mejora significativamente la longitud de raíces y la altura de los brotes. Asimismo, **Fadaladeen et al. (2022)** reportaron resultados similares en batata, donde concentraciones adecuadas de IBA favorecieron un enraizamiento del 100 %, destacando la importancia de ajustar protocolos según el tipo de explante y especie.

En Ecuador, la papa es un cultivo estratégico de alto valor socioeconómico, tanto por su consumo como por su papel en la seguridad alimentaria. La variedad Super Chola destaca por su alto rendimiento y adaptabilidad en zonas altoandinas; sin embargo, la producción de semilla de calidad sigue siendo limitada debido a la acumulación de enfermedades y a la escasa disponibilidad de material vegetal libre de patógenos **(INIAP, 2023)**. En este contexto, el desarrollo de protocolos eficientes de micropropagación que incluyan el uso adecuado de IBA podría mejorar

notablemente la propagación de esta variedad. **Pineda (2021)** confirmó que el uso de reguladores como las auxinas, en combinación con medios como Murashige y Skoog (MS), estimula respuestas morfogénicas sin comprometer la viabilidad fisiológica de los explantes, favoreciendo tanto la formación de raíces como de brotes.

### 1.8. Variables

#### 1.8.1. Variable dependiente (respuesta)

**Altura del explante**

Momento de toma de datos: El monitoreo se realizó a las 4 semanas después de haber realizado la siembra de los explantes en los diferentes tratamientos.

Método de toma de datos: Se midió la altura de cada una de las 240 plántulas tomando en cuenta desde la base del explante hasta el ápice de la planta, utilizando un calibrador digital Vernier (Pie de rey).

**Número de brotes nodales**

Momento de la toma de datos: La toma de datos se realizó a los 21 días después de la siembra.

Método de la toma de datos: Se contabilizó el número de brotes nodales desarrollados en cada uno de los explantes.

**Longitud radicular**

Momento de toma de datos: La toma de datos se realizó a las 4 semanas después de la introducción del explante en el medio, cuando las raíces deberían haber comenzado a formarse.

Método de toma de datos: Se retiraron cuidadosamente las raíces del medio de cultivo para evitar daños y se midió la longitud con un calibrador digital Vernier. Debido a la ausencia de enraizamiento presentada a los 28 días todas las variables radiculares se evaluaron a los 35 días.

**Porcentaje (%) de enraizamiento**

Momento de toma de datos: La toma de datos se realizó a las 4 semanas después de la siembra, cuando el enraizamiento debería haberse

completado, pero debido a la ausencia de raíz se realizó una última toma a los 35 días.

### 1.8.2. Variables Independientes

**1. Tipos de medios de cultivo**

- **Medio de cultivo 1:** Medio Murashige y Skoog (MS)

El medio MS está formulado con una alta concentración de macronutrientes, entre los que se incluyen: nitrato de amonio ($NH_4NO_3$), como fuente de nitrógeno amoniacal y nítrico; nitrato de potasio ($KNO_3$); fosfato monopotásico ($KH_2PO_4$), fuente de fósforo; sulfato de magnesio ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) y cloruro de calcio ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$).

El medio de cultivo incluye micronutrientes esenciales como KI, $H_3BO_3$, $MnSO_4$, $ZnSO_4$, $CuSO_4$, $Na_2MoO_4$, $CoCl_2$ y Fe-EDTA, además de vitaminas del complejo B y mio-inositol que favorecen el desarrollo vegetal *in vitro*. El pH del medio se ajusta generalmente a 5,9 para el cultivo de papa.

- **Medio de cultivo 2:** Medio Gamborg (B5)

El medio B5 presenta una formulación con macronutrientes como: nitrato de potasio ($KNO_3$), sulfato de amonio ($(NH_4)_2SO_4$), fuente de nitrógeno amoniacal en menor cantidad que en MS, fosfato monopotásico ($KH_2PO_4$), sulfato de magnesio ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) y cloruro de calcio ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$).

Contiene micronutrientes similares al medio MS, pero en distintas concentraciones, como ácido borico, sulfatos de manganeso, zinc y cobre, yoduro de potasio, molibdato de sodio, cloruro de cobalto y hierro quelatado (Fe-EDTA).

Además, posee vitaminas como: tiamina (B1), nicotinamida (B3), piridoxina (B6), ácido pantoténico y mio-inositol, este último en mayor concentración que en el medio MS. El pH del medio se ajusta generalmente a 5,9 para el cultivo de papa.

**2. Concentración de ácido indol-3-butírico (IBA) en el medio de cultivo, con dos niveles experimentales:**

- **Concentración 1**: 0.5 mg/L
- **Concentración 2**: 1.0 mg/L
- **Concentración 3**: 0.0 mg/L (control, sin aplicación de IBA)

### 1.9. Hipótesis

- **Hipótesis alternativa (Ha):** La concentración de ácido indol-3-butírico (IBA) en el cultivo *in vitro* influye directamente en el desarrollo radicular de los explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.).

## 1.10. Objetivos

### 1.10.1. Objetivo general

Evaluar el ácido indol-3-butírico (IBA) en explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Super Chola en condición *in vitro*.

### 1.10.2. Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de las concentraciones de ácido indol-3-butírico (IBA) en él enraizamiento, desarrollo de brotes nodales y altura de explantes.

2. Evaluar las características agronómicas resultantes de los explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) tratados con ácido indol-3-butírico (IBA).

# CAPÍTULO II

# METODOLOGÍA

## 2.1. Ubicación del proyecto

El proyecto se llevó a cabo en los laboratorios de biotecnología vegetal ubicados en los predios de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, ubicada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Con sus coordenadas geográficas 01° 22´02" de latitud Sur y 78° 36´ 20" de longitud Oeste, la localidad se halla a una altitud 2865 msnm con una temperatura promedia de 22°C.

## 2.2. Materiales y equipos

### 2.2.1. Materiales

- Frascos de cristal (para cultivo *in vitro*)
- Papel aluminio (para cubrir y proteger los frascos)
- Ligas (para sellar los frascos)
- Placas metálicas (para soporte durante el proceso)
- Pinzas y Bisturí (para manipulación de los explantes)
- Alcohol al 70% (para desinfección)
- Mecheros de alcohol (para mantener condiciones estériles)
- Agua destilada (para preparar medios de cultivo)
- Matraz Erlenmeyer (para mezclas y almacenamiento)
- Encendedor (para encender el mechero)
- Calibrador Vernier (Pie de rey)
- Bata, Cofia, Mascarilla, Zapatones
- Mandil

### 2.2.2. Material de oficina

- Cuaderno (para registro de datos experimentales)
- Esferos, lápiz y borrador (para toma de notas y correcciones)

### 2.2.3. Explantes

- Explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) Var. Super Chola

### 2.2.4. Reactivos

- Medio de cultivo Murashige y Skoog (MS)
- Gamborg (B5)
- Acido indol-3-butirico (IBA)
- Sacarosa
- Agar
- Na (OH)
- Ácido cítrico

### 2.2.5. Equipos

- Cámara de flujo laminar (para mantener condiciones asépticas)
- Destilador de agua (para la obtención de agua destilada)
- Autoclave (para esterilización de medios, instrumentos y materiales)
- Microondas (para calentar y fundir el medio de cultivo)
- Balanza digital (para pesar los reactivos con precisión)
- Micropipeta (utilizado para medir pequeños volúmenes de líquidos con alta precisión)

## 2.3. Factores de estudio

### 2.3.1. Factor 1: Medio de cultivo:

- **M1:** Medio Murashige y Skoog (MS)
- **M2:** Medio Gamborg (B5)

### 2.3.2. Factor 2: Concentración de ácido indol-3-butírico IBA:

- **C1:** 0.5 mg/L
- **C2:** 1.0 mg/L
- **C3:** 0.0 mg/L (control, sin dosis de IBA)

## 2.4. Manejo del experimento

La presente investigación fue de tipo experimental con un diseño factorial, ya que se manipularon variables de forma intencional para evaluar el efecto del ácido indol-3-butírico (IBA) en la micropropagación *in vitro* de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Super Chola.

Asimismo, se fundamentó en un enfoque bibliográfico, al considerar información de métodos y protocolos aplicados en investigaciones previas sobre micropropagación y manejo de cultivos en condición *in vitro*.

Para realizar el presente ensayo, se emplearon explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Super Chola, obtenidos de plantas madre establecidas previo a la multiplicación, los explantes se seleccionaron por su vigor y sanidad.

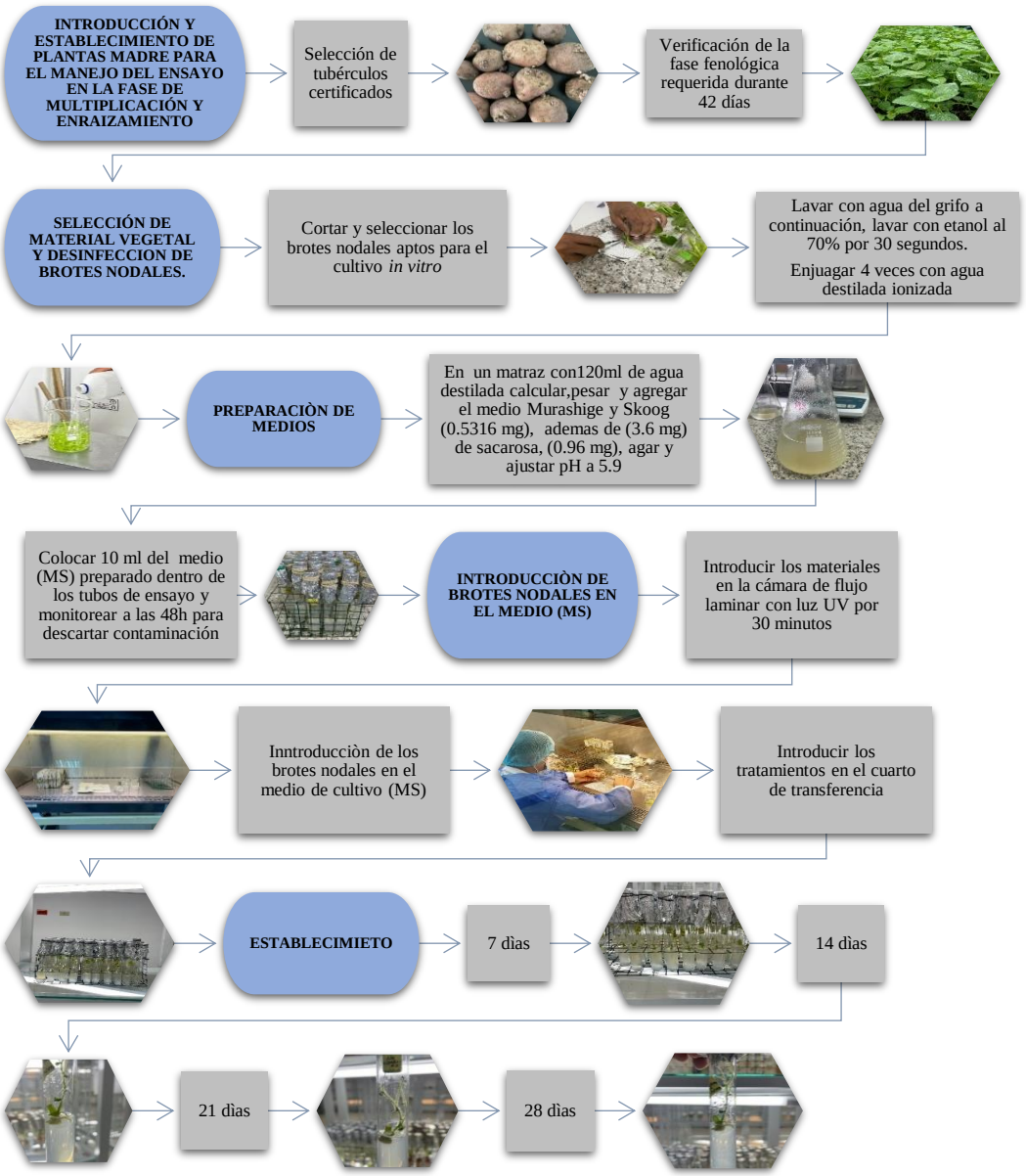
Para evitar contaminaciones microbianas, se trabajó dentro de una campana de flujo laminar, previamente desinfectada con etanol al 70% y exposición a luz UV durante 30 minutos antes de cada sesión de trabajo.

Se utilizaron todos los equipos necesarios para minimizar el riesgo de contaminación. Las herramientas como pinzas, bisturíes y tijeras se esterilizaron con la ayuda de la autoclave a 121°C y 15 psi por 20 minutos antes de cada uso y flameadas con alcohol entre la manipulación de diferentes explantes.

### 2.4.1. Obtención y preparación de los explantes

Los explantes se obtuvieron de brotes apicales y nodales de plantas madre, tras una fase previa en la que tubérculos certificados de la variedad Super Chola brotaron en condiciones controladas para su establecimiento *in vitro*.

.

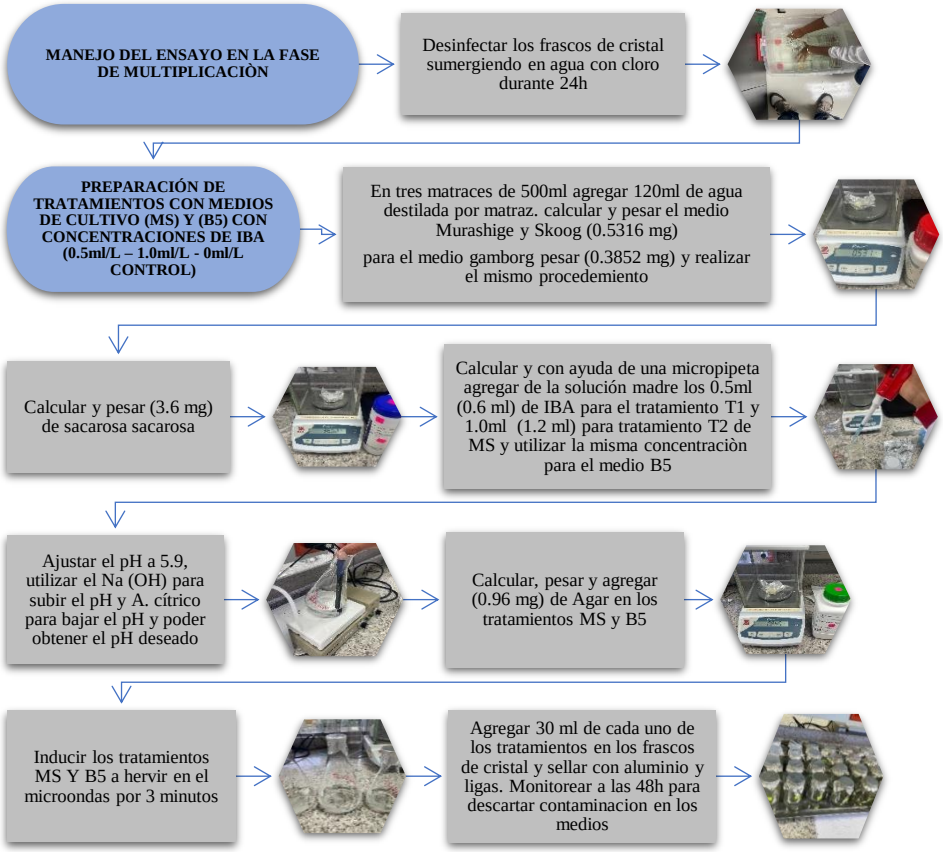


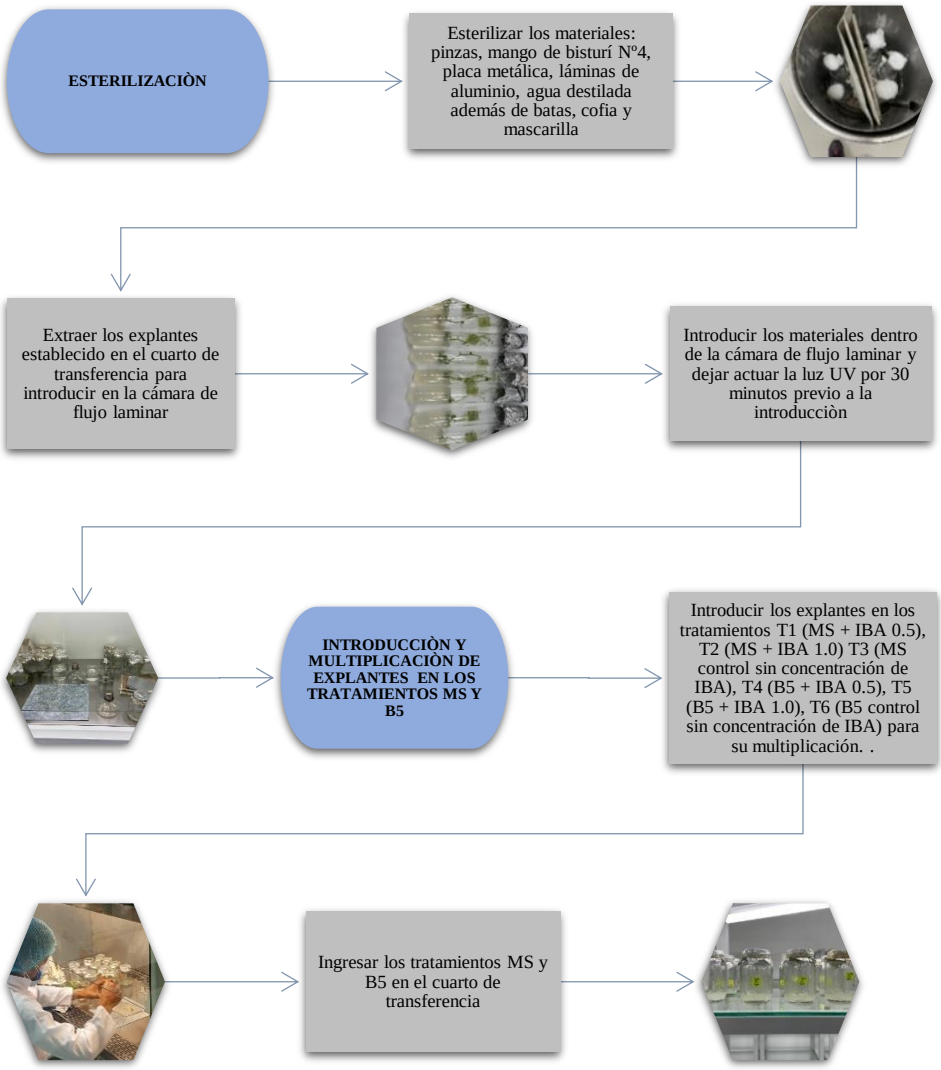

**Elaborado por:** Alexis Medina

**Figura 1.** *Diagrama de actividades realizado para la introducción y establecimiento de plantas madre para el manejo del ensayo en la fase de multiplicación y enraizamiento.*

### 2.4.2. Manejo del ensayo fase de multiplicación *in vitro* de explantes establecidos

Se realizo la introducción de los 240 explantes en los 12 frascos de cristal con medio Murashige y Skoog (MS) (0.5316 mg) y Gamborg (B5) (0.3852 mg) suplementado con sacarosa (3.6 mg), agar (0.96 mg) y pH ajustado a 5.9 previo a la esterilización. Se evaluaron diferentes concentraciones del regulador de crecimiento ácido indol-3-butírico (IBA), específicamente 0.5 mg/L y 1.0 mg/L, para determinar su efecto en la micropropagación de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Super Chola.






**Elaborado por:** Alexis Medina

**Figura 2**. *Diagrama de actividades realizado para determinar los efectos del ácido indol-3- butírico (IBA) en la multiplicación de explantes de papa (Solanum tuberosum L.).*

## 2.5. Condiciones de incubación

Los cultivos se mantuvieron en condiciones controladas en la cuarto de transferencia del laboratorio de biotecnología con los siguientes parámetros:

- Temperatura: 22 ± 2°C
- Fotoperiodo: 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad
- Intensidad lumínica: 50-60 µmol $m^{-2}s^{-1}$

Se realizó un monitoreo semanal para registrar la respuesta de los explantes en función de la tasa de proliferación, formación de raíces, elongación de brotes y posible incidencia de contaminación.

## 2.6. Manipulación adecuada

Las muestras se manipularon con mucho cuidado para evitar daños y estrés en los explantes. Se utilizo herramientas adecuadas, como micropipeta y pinzas, para obtener resultados precisos.

## 2.7. Control de la contaminación

Se realizó un monitoreo semanal para detectar posibles contaminaciones.

## 2.8. Subcultivo o trasplante

No fue necesario subcultivar en nuevos frascos de cristal para asegurar su crecimiento continuo.

## 2.9. Registro y seguimiento

Se llevó un registro detallado de las fechas de introducción y establecimiento, además de cualquier observación relevante del crecimiento y estado de los explantes.

## 2.10. Observación y toma de datos: Fase de multiplicación y enraizamiento

Se realizaron observaciones regulares del cultivo y se programaron los análisis necesarios para obtener los datos correspondientes a cada variable de respuesta.

### 2.11. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un diseño factorial 2 x 2 + 2 dentro de un diseño de bloques completos al azar (DBA). En este diseño se evaluaron dos factores principales: F1 (Medios (MS) y (B5); F2 (Concentraciones de IBA).

### 2.12. Tratamientos experimentales

**Tabla 2**. *Diseño factorial el cual generará un total de 4 combinaciones de tratamientos (2 niveles de IBA x 2 tipos de medio), más 2 tratamientos adicionales (control), para un total de 6 tratamientos.*

| Tratamiento | Símbolo | Medio de cultivo | Dosis de IBA (mg/L) |
|---|---|---|---|
| 1 | M1C1 | Murashinge (MS) | 0.5 |
| 2 | M1C2 | Murashinge (MS) | 1.0 |
| 3 | M1C3 | Murashinge (MS) | 0.0 (Control) |
| 4 | M2C1 | Gamborg (B5) | 0.5 |
| 5 | M2C2 | Gamborg (B5) | 1.0 |
| 6 | M2C3 | Gamborg (B5) | 0.0 (Control) |

**Elaborado por:** Alexis Medina

**Nota:** Cada tratamiento contó con 4 repeticiones, que aseguran un adecuado análisis estadístico de los efectos de los factores evaluados.

### 2.13. Unidad experimental

Cada unidad experimental incluyó un frasco con 10 explantes, distribuidos en 6 tratamientos con 4 repeticiones (240 explantes en total), organizados en bloques al azar. Se utilizó ANOVA ($p \leq 0.05$) para identificar diferencias significativas, y la prueba de Tukey para comparar medias y determinar el tratamiento más efectivo en la micropropagación de papa Var. Super Chola.

# CAPÍTULO III
# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 3.1. Evaluar las características agronómicas resultantes de los explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.) tratados con ácido indol-3-butírico (IBA)

Se evaluó la altura de explantes de papa variedad Super Chola en fase de multiplicación, usando tratamientos con IBA y medios MS y B5. Los tratamientos T1 (MS + 0.5 mg/L IBA), T2 (MS + 1.0 mg/L IBA) y T3 (MS control) mostraron características agronómicas similares, sin diferencias significativas en altura, con valores promedio de 5.28 cm, 4.93 cm y 5.11 cm respectivamente (letra común "a" en el análisis estadístico). En contraste, los tratamientos con medio B5 evidenciaron un mayor crecimiento, destacándose el tratamiento T5 (B5 + 1.0 mg/L IBA) que alcanzó la mayor altura promedio de 21.55 cm, significativamente superior a los demás (letra "c") (Tabla 3).

El medio B5 con alta concentración de IBA mejora significativamente la altura de los explantes, favoreciendo el vigor y calidad de las plantas micropropagadas.

**Tabla 3**. *Evaluación de la altura de explantes de papa (Solanum tuberosum L.). Variedad Super Chola tratados con ácido indol-3-butírico (IBA) en la fase de multiplicación a los 7, 12, 21, 28 y 35 días.*

| Tratamientos | Medias |
|---|---|
| T1 (MS + 0.5 mg/L IBA) | 5.28 a |
| T2 (MS + 1.0 mg/L IBA) | 4.93 a |
| T3 (MS control) | 5.11 a |
| T4 (B5 + 0.5 mg/L IBA) | 19.54 b c |
| T5 (B5 + 1.0 mg/L IBA) | 21.55 c |
| T6 (B5 control) | 17.05 b |

**Elaborado por:** Alexis Medina

**Nota**: El tratamiento T5 (B5 + 1.0 mg/L IBA) registró la mayor altura promedio de explantes con **21.55 cm**, siendo **estadísticamente superior** según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

En comparación, el tratamiento control T3 (MS sin IBA) alcanzó solo **5.11 cm**, evidenciando una diferencia de **+16.44 cm**.

Los tratamientos T4 (19.54 cm) y T6 (17.05 cm), ambos con medio B5, también superaron significativamente a los tratamientos en medio MS (T1, T2 y T3), que no mostraron diferencias significativas entre sí (agrupados en la categoría “a”), mientras que los tratamientos con B5 se ubicaron en categorías “b” y “c”, reflejando su mayor eficacia en el crecimiento en altura.

(MS)



(B5)



**Elaborado por:** Alexis Medina

**Figura 3.** *Explantes de papa (Solanum tuberosum L.) Variedad Super Chola establecidas in vitro agregados dos factores de estudio F1 (Medios MS y B5) y F2 (concentraciones de IBA (0.5-1.0 y control 0)) monitoreados la altura a los 7, 14, 21, 28, 35 días.*

Los resultados mostraron diferencias altamente significativas en la altura de explantes tratados en medio B5 (T4, T5 y T6) frente a los tratados en medio MS (T1, T2, T3), independientemente de la presencia o concentración de IBA. Específicamente, los tratamientos T5 (B5 + 1.0 mg/L IBA) y T4 (B5 + 0.5 mg/L IBA) alcanzaron alturas de 21.55 cm y 19.54 cm respectivamente, frente a los apenas ~5 cm de los tratamientos con MS. Según **George et al. (2008),** indica que el medio B5, debido a su mayor concentración de nitrógeno orgánico y vitaminas, promueve una mayor elongación celular en cultivos de solanáceas.

Asimismo, **Torres et al. (2016)**, trabajando con *Solanum phureja*, observó un incremento del 250% en la altura de plántulas en medio B5 comparado con MS, lo cual respalda mi investigación. Esto sugiere que la elección del medio basal es más determinante que la adición de auxinas como el ácido indol-3-butirico IBA en esta fase de multiplicación.

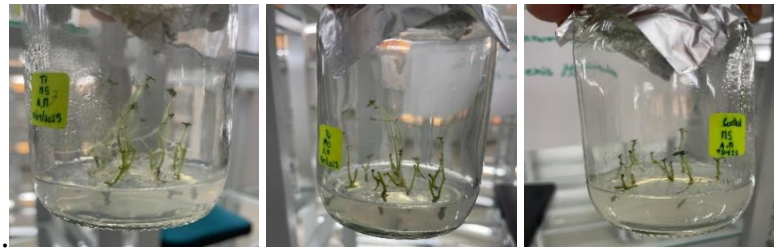
**Tabla 4**. *Evaluación del número de brotes por explantes de papa (Solanum tuberosum L.). Variedad Super Chola tratados con ácido indol-3-butírico (IBA) en fase de multiplicación a los 7, 14, 21, 28 y 35 días.*

| Tratamientos | Medias |
|---|---|
| T1 (MS + 0.5 mg/L IBA) | 2.88 a |
| T2 (MS + 1.0 mg/L IBA) | 2.63 a |
| T3 (control) | 2.75 a |
| T4 (B5 + 0.5 mg/L IBA) | 2.88 a |
| T5 (B5 + 1.0 mg/L IBA) | 2.63 a |
| T6 (control) | 2.75 a |

**Elaborado por:** Alexis Medina

**Nota:** No existieron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre los diferentes tratamientos con respecto al número de brotes por planta.

(MS) .



(B5)



**Elaborado por:** Alexis Medina

**Figura 4**. *Explantes de papa (Solanum tuberosum L.) Variedad Super Chola establecidas in vitro con diferentes concentraciones de IBA (0.5-1.0 y control 0) y presencia de brotes nodales.*

En todos los tratamientos evaluados, tanto en el medio Murashige y Skoog (MS) como en Gamborg B5, con y sin la adición de ácido indol-3-butírico (IBA) en concentraciones de 0.0, 0.5 y 1.0 mg/L, el número promedio de brotes nodales osciló entre 2.63 y 2.88, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos según la prueba de Tukey ($p > 0.05$). Específicamente, los tratamientos T1 (MS + 0.5 mg/L IBA), T2 (MS + 1.0 mg/L IBA), T3 (MS sin IBA), T4 (B5 + 0.5 mg/L IBA), T5 (B5 + 1.0 mg/L IBA) y T6 (B5 sin IBA) mostraron valores de brotación nodal muy similares, lo que indica que el IBA, independientemente de la concentración o del medio, no tiene un efecto significativo en la inducción de nuevos brotes.

Este comportamiento sugiere que la brotación está más influenciada por la presencia de citoquininas (como BAP) que por auxinas como el IBA, tal como ha sido reportado en otros estudios. Este patrón se encuentra respaldado por **Murashige (1974)**, quien destaca que la brotación en papa depende principalmente de la acción de citoquininas exógenas, como la BAP (6-bencilaminopurina), mientras que las auxinas como el ácido indol-3-butirico tienen un rol secundario. De igual manera, **Seabrook (2005)** afirma que la inducción de brotes en *Solanum tuberosum* es promovida por citoquininas, mientras que el ácido indol-3-butirico puede incluso inhibir su proliferación si está presente en concentraciones elevadas.

### 3.2. Determinar el efecto de las concentraciones de ácido indol-3-butírico (IBA) en él enraizamiento, desarrollo de brotes nodales y altura de explantes

**Nota:** Ningún tratamiento mostro enraizamiento visible a los 28 días. Los datos presentados corresponden a la evaluación a los 35 días.

**Tabla 5**. *Efecto de concentraciones de IBA en la longitud radicular (cm) de explantes de papa Super Chola a los 35 días de cultivo in vitro, con datos convertidos de mm a cm para facilitar su análisis.*

| Tratamientos | Medias |
|---|---|
| T1 (MS + 0.5 mg/L IBA) | 0.56 a |
| T2 (MS + 1.0 mg/L IBA) | 0.53 a |
| T3 (control) | 0.34 a |
| T4 (B5 + 0.5 mg/L IBA) | 2.43 b c |
| T5 (B5 + 1.0 mg/L IBA) | 3.03 c |
| T6 (control) | 1.70 b |

**Elaborado por:** Alexis Medina

**Nota:** Los tratamientos T5 (B5 + 1.0 mg/L IBA), T4 (B5 + 0.5 mg/L IBA) y T6 (B5 control sin IBA) fueron los que indujeron la mayor longitud de raíz en los explantes de papa, presentando diferencias significativas frente a los tratamientos con medio MS (T1, T2 y T3), según prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

(MS)



(B5)



**Elaborado por:** Alexis Medina

**Figura 5.** *Tratamientos de explantes de papa (Solanum tuberosum L.) Variedad Super Chola en medios (MS) Y (B5) con concentraciones (0.5ml-1.0ml-control 0ml) presentando enraizamiento a los 35 días.*

**Tabla 6.** *Efecto de las concentraciones de ácido indol-3-butirico (IBA) sobre él % de enraizamiento de explantes de papa (Solanum tuberosum. L) Variedad Super Chola en fase de enraizamiento a los 35 días.*

| Tratamiento | % de enraizamiento |
|---|---|
| T1 (MS + 0.5 mg/L IBA) | 5% |
| T2 (MS + 1.0 mg/L IBA) | 17.5% |
| T3 (control) | 2.5% |
| T4 (B5 + 0.5 mg/L IBA) | 82.5% |
| T5 (B5 + 1.0 mg/L IBA) | 85% |
| T6 (control) | 72.5% |

**Elaborado por:** Alexis Medina

**Nota:** Los tratamientos con medio B5 promueve significativamente el enraizamiento (>72.5%) comparado con MS (<17.5%), independientemente del IBA. Aunque él IBA incrementa el enraizamiento en ambos medios (+15% en MS y ≤12.5% en B5), su efecto es segundario en B5 donde el medio basal es suficiente. La dosis óptima fue 1.0 mg/L IBA. T3 y T6 corresponden a controles específicos por medio (MS y B5 sin fitohormonas).

Los tratamientos con medio B5 (T4, T5 y T6) mostraron una mayor longitud radicular (2.43 a 3.03 cm) y un porcentaje significativamente más alto de enraizamiento (82.5% a 85%) frente a los tratamientos en MS (0.34 a 0.56 cm de raíz y 2.5% a 17.5% de enraizamiento).

Esto indica una clara superioridad del medio B5 para inducir el desarrollo de raíces, y esta diferencia fue evidente incluso en el control sin IBA (T6).

T: **(MS)**



T: **(B5)**



**Elaborado por:** Alexis Medina

**Figura 6.** *Tratamientos en explantes de papa (Solanum tuberosum L.) Variedad Super Chola en medios* ***(MS)*** *Y* ***(B5)*** *con concentraciones (0.5 ml, 1.0 ml y control 0 ml) presentando enraizamiento a los 35 días).*

Estos resultados fueron mencionados por **Gaspar et al. (1996),** quien indica que la disponibilidad de nutrientes y vitaminas en el medio tiene un impacto directo en la inducción de raíces, y que el medio B5 mejora la absorción de auxinas por su equilibrio nutricional. El hecho de que el T5 (B5 + 1.0 mg/L IBA) alcanzara el mayor % de enraizamiento sugiere una sinergia entre el medio B5 y el IBA, pero también demuestra que incluso sin IBA (T6), el medio por sí solo es altamente efectivo.

### 3.3. Comprobación de la hipótesis

La concentración de ácido indol-3-butírico (IBA) en el cultivo *in vitro* si influyo directamente en el desarrollo radicular de los explantes de papa (*Solanum tuberosum* L.).

# CAPÍTULO IV

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 4.1. CONCLUSIONES

**1.** Dentro del medio Murashige y Skoog (MS), el tratamiento T1 (MS + 0.5 mg/L IBA) obtuvo la mayor longitud radicular promedio con 0.91 cm, seguido por el control T3 (MS sin IBA) con 0.53 cm y T2 (MS + 1.0 mg/L IBA) con apenas 0.47 cm. Sin embargo, estos valores fueron considerablemente inferiores a los obtenidos en el medio Gamborg B5, donde todos los tratamientos presentaron un mayor desarrollo radicular. En el medio B5, el tratamiento T5 (B5 + 1.0 mg/L IBA) fue el más efectivo, alcanzando una longitud promedio de 3.03 cm, seguido por T4 (B5 + 0.5 mg/L IBA) con 2.43 cm y T6 (B5 sin IBA) con 2.15 cm. Estos resultados evidencian que el medio de cultivo influye significativamente en el enraizamiento, siendo B5 más favorable que MS, y que la concentración de 1.0 mg/L de IBA combinada con B5 potencia el desarrollo de raíces en explantes de papa cultivados *in vitro*.

**2.** El número de brotes por explante no fue afectado por el medio ni por el IBA, sugiriendo influencia de citoquininas. En contraste, el medio B5 mejoró significativamente la longitud y el porcentaje de enraizamiento, destacándose el tratamiento T5 (B5 + 1.0 mg/L IBA) como el más eficiente, alcanzando un 85% de enraizamiento.

**3.** El medio MS mostró limitaciones importantes, incluso con la adición de IBA, lo que resalta la importancia de la formulación nutricional en la micropropagación de papa.

## 4.2. RECOMENDACIONES

**1.** Se recomienda implementar, durante la fase de introducción y establecimiento, un protocolo de lavado y desinfección de los brotes nodales obtenidos utilizando un lavado de 30 segundos con etanol al 70%, con el fin de reducir la carga microbiana y aumentar la tasa de supervivencia en el cultivo *in vitro*.

**2.** Evitar el uso exclusivo del medio MS para fases críticas, ya que limita el crecimiento y el desarrollo radicular de los explantes.

**3.** Dado que el ácido indol-3-butírico (IBA) no presenta un impacto significativo en el número de brotes, se recomienda interactuar con citoquininas como el BAP en futuros ensayos. Además, es conveniente explorar concentraciones combinadas de IBA y BAP en medio B5 para evaluar posibles efectos sinérgicos en la brotación y enraizamiento en investigaciones futuras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


Ariste, A., Ramírez, J., & Ortiz, M. (2025). Optimized *in vitro* micropropagation and microtuber production in potato var. Cecilia. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences, 13(1), 86–96. Consultado el: 20 junio. 2023. Consultado en: https://jebas.org/ojs/index.php/jebas/article/view/2628

Gaspar, T., Kevers, C., Penel, C., Greppin, H., Reid, D. M., & Thorpe, T. A. (1996). Plant hormones and plant growth regulators in plant tissue culture. Consultado el: 20 junio. 2023. Consultado en: https://doi.org/10.1007/BF02822700

George, E. (2008). Plant Propagation by Tissue Culture (3rd ed.). Springer. Consultado el: 20 junio. 2023. Consultado en: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5005-3

Fadaladeen, L. H., Abass, A. H., & Mahdi, A. H. (2022). A Rapid Micropropagation Protocol for Sweet Potato (Ipomoea batatas L.) via Tissue Culture Technique. ResearchGate. Consultado el: 20 junio. 2023. Consultado en: https://www.researchgate.net/publication/362806050

INIAP. (2012). Rendimiento, Consultado el: 20 junio. 2023.Consultado en: http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v24n2/a11v24n2.pdf

INIAP. (2012). Rendimiento, Consultado el: 20 junio. 2023.Consultado en: http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v24n2/a11v24n2.pdf

INIAP. (2012). Rendimiento, Consultado el: 20 junio. 2023.Consultado en: http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v24n2/a11v24n2.pdf

INIAP. (2012). Rendimiento, Consultado el: 20 junio. 2023.Consultado en: http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v24n2/a11v24n2.pdf

INIAP. (2023). Resultados obtenidos del proyecto enfocado en papa: variedades altoandinas y mejoradas. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). https://www.iniap.gob.ec/iniap-y-aecid-presentan-los-resultados-obtenidos-del-proyecto-enfocado-en-papa

Jabeen, F. (2021). Exploring the effects of indole butyric acid (IBA) on *in*

*vitro* growth of potato (*Solanum tuberosum*). Consultado el: 29 marzo. 2025. Consultado en: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/AAB_2021_4_1_29-33.pdf

Kumar, A., Sharma, P., & Verma, S. (2023). Advances in plant biotechnology for sustainable agriculture: Enhancing stress tolerance and crop productivity. Plant Biotechnology Journal, 21(5), 877–890. Consultado el: 20 junio. 2023. Consultado en: https://doi.org/10.1111/pbi.13985

Kumar, A., Sharma, P., & Verma, S. (2023). Advances in plant biotechnology for sustainable agriculture: Enhancing stress tolerance and crop productivity. Plant Biotechnology Journal, 21(5), 877–890. Consultado el: 20 junio. 2023. Consultado en: https://doi.org/10.1111/pbi.13985

López, R. (2017). Técnicas de propagación in vitro aplicadas a *Solanum tuberosum* L. Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja. Consultado el: 20 junio. 2023. Consultado en: http://repositorio.unl.edu.ec/handle/123456789/4567

López, R. (2017). Técnicas de propagación *in vitro* aplicadas a *Solanum tuberosum* L. Consultado el: 20 junio. 2023. Consultado en: http://repositorio.unl.edu.ec/handle/123456789/4567

López, R. (2017). Técnicas de propagación *in vitro* aplicadas a *Solanum tuberosum* L. Consultado el: 20 junio. 2023. Consultado en: http://repositorio.unl.edu.ec/handle/123456789/4567

Martínez, L., & Gómez, F. (2024). Effect of auxins and culture media on *in vitro* rooting of Solanum tuberosum cultivars. Journal of Agricultural Science and Technology, 26(1), 112–120. Consultado el: 20 junio. 2023. Consultado en: https://doi.org/10.1007/s12345-024-0156-3

Murashige, T. (1974). Plant propagation through tissue cultures. Annual Review of Plant Physiology, 25(1), 135–166. Consultado el: 20 junio. 2023. Consultado en: https://doi.org/10.1146/annurev.pp.25.060174.001031

Peña, J. (2023). “Microtuberización *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. Var.

Superchola". Consultado el: 29 marzo. 2025. Consultado en: https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5a162316-288a-41a6- 990a-d0c8f41c43c7/content

Pineda, J. (2021). Efecto de reguladores de crecimiento en la micropropagación de papa. Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato. Consultado el: 20 junio. 2023. Consultado en: http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8910

Ramírez, D., & Morales, J. (2023). Biotechnology and food security: The role of micropropagation in Andean potato production. Andean Agricultural Review, 18(2), 45–57. Consultado el: 20 junio. 2023. Consultado en: https://revista.andina.agri/vol18/num2/rahm2023

Rodríguez, L. (2009). Teoría sobre la clasificación taxonómica de las papas cultivadas (Solanum L. sect. Petota Dumort.) Consultado el: 20 junio. 2023.Consultado en: https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/26563

Seabrook, J. E. A. (2005). Light quality and the control of shoot multiplication and tuberization in potato (Solanum tuberosum L.*) in vitro*: A review. American. Consultado el: 20 junio. 2023.Consultado en: https://link.springer.com/article/10.1007/BF02871939

Silva Filho, J. B., Souza, L. M., & Araújo, F. A. (2024). The Impact of Growth Regulators and Cultivation Conditions of Temporary Immersion Systems on Potato Explants. Agronomy, 14(8), 1782. Consultado el: 20 junio. 2023. Consultado en: https://www.mdpi.com/2073-4395/14/8/1782

Singh, R., Bhattacharya, S., & Chandra, S. (2022). Micropropagation as a tool for climate-resilient crop production. Frontiers in Plant Science, 13, 812345. Consultado el: 20 junio. 2023.Consultado en: https://doi.org/10.3389/fpls.2022.812345

Tipantasig, L. (2023). "Microtuberización *in vitro* de *Solanum tuberosum* var. Superchola y Cecilia".Consultado el: 29 marzo. 2025. Consultado en: https://doi.org/10.1007/BF02871961

Torres, A. M., Rodríguez, N., & Salazar, B. (2016). Efecto del medio de cultivo en el crecimiento *in vitro* de *Solanum phureja* Juz. et Bukasov. Consultado el: 20 junio. 2023.Consultado en: https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/63427

Ventocilla, M. (2024). Efecto de los reguladores de crecimiento en la multiplicación *in vitro* de papa (*Solanum tuberosum* Var. Bicentenaria). Consultado el: 29 marzo. 2025. Consultado en: https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/9353/TESIS.pdf

## ANEXOS

**Anexos 1**. Tabla de datos de altura, numero de brotes y longitud de raíz.

| Tratamientos | Factor 1 | Factor 2 | Altura (cm) | Número de brotes (#) | Longitud de raíz (cm) |
|---|---|---|---|---|---|
| T1 | MS | C1 AIB | 6,5 | 2 | 0,5 |
| T1 | MS | C1 AIB | 2,6 | 4 | 0,3 |
| T1 | MS | C1 AIB | 6,3 | 2 | 0,1 |
| T1 | MS | C1 AIB | 3,4 | 2 | 0,1 |
| T1 | MS | C1 AIB | 2,9 | 2 | 0,3 |
| T1 | MS | C1 AIB | 1,1 | 2 | 0,1 |
| T1 | MS | C1 AIB | 1,7 | 2 | 0,2 |
| T1 | MS | C1 AIB | 2,7 | 2 | 0,4 |
| T1 | MS | C1 AIB | 2,9 | 4 | 0,1 |
| T1 | MS | C1 AIB | 1,7 | 2 | 0,1 |
| T1 | MS | C1 AIB | 6,2 | 4 | 0,7 |
| T1 | MS | C1 AIB | 3,6 | 2 | 0,5 |
| T1 | MS | C1 AIB | 4,2 | 4 | 0,9 |
| T1 | MS | C1 AIB | 4,9 | 4 | 0,6 |
| T1 | MS | C1 AIB | 6,4 | 4 | 0,7 |
| T1 | MS | C1 AIB | 4,8 | 2 | 0,1 |
| T1 | MS | C1 AIB | 3,2 | 4 | 0,6 |
| T1 | MS | C1 AIB | 3,2 | 2 | 0,5 |
| T1 | MS | C1 AIB | 5,9 | 2 | 0,9 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| T1 | MS | C1 AIB | 3,3 | 4 | 0,6 |
| T1 | MS | C1 AIB | 9,0 | 2 | 0,8 |
| T1 | MS | C1 AIB | 12,3 | 4 | 0,6 |
| T1 | MS | C1 AIB | 11,6 | 2 | 0,4 |
| T1 | MS | C1 AIB | 11,4 | 4 | 0,9 |
| T1 | MS | C1 AIB | 8,7 | 4 | 0,7 |
| T1 | MS | C1 AIB | 9,3 | 4 | 0,5 |
| T1 | MS | C1 AIB | 5,7 | 4 | 1,0 |
| T1 | MS | C1 AIB | 5,3 | 4 | 0,6 |
| T1 | MS | C1 AIB | 9,2 | 2 | 1,7 |
| T1 | MS | C1 AIB | 7,3 | 2 | 0,9 |
| T1 | MS | C1 AIB | 6,8 | 4 | 0,7 |
| T1 | MS | C1 AIB | 3,9 | 4 | 1,1 |
| T1 | MS | C1 AIB | 3,6 | 4 | 0,3 |
| T1 | MS | C1 AIB | 2,9 | 2 | 0,5 |
| T1 | MS | C1 AIB | 7,4 | 2 | 0,5 |
| T1 | MS | C1 AIB | 3,8 | 2 | 0,4 |
| T1 | MS | C1 AIB | 5,4 | 2 | 0,8 |
| T1 | MS | C1 AIB | 5,1 | 2 | 0,6 |
| T1 | MS | C1 AIB | 3,2 | 3 | 0,3 |
| T1 | MS | C1 AIB | 1,9 | 2 | 0,6 |
| T2 | MS | C2 AIB | 6,2 | 2 | 0,8 |
| T2 | MS | C2 AIB | 4,4 | 4 | 0,7 |
| T2 | MS | C2 AIB | 3,2 | 4 | 0,7 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| T2 | MS | C2 AIB | 4,6 | 2 | 1,0 |
| T2 | MS | C2 AIB | 2,5 | 2 | 1,0 |
| T2 | MS | C2 AIB | 6,8 | 4 | 1,0 |
| T2 | MS | C2 AIB | 2,9 | 4 | 1,3 |
| T2 | MS | C2 AIB | 4,3 | 2 | 1,1 |
| T2 | MS | C2 AIB | 9,5 | 2 | 1,2 |
| T2 | MS | C2 AIB | 6,7 | 4 | 1,7 |
| T2 | MS | C2 AIB | 6,1 | 4 | 0,1 |
| T2 | MS | C2 AIB | 2,8 | 4 | 0,5 |
| T2 | MS | C2 AIB | 5,3 | 2 | 0,3 |
| T2 | MS | C2 AIB | 1,7 | 2 | 0,1 |
| T2 | MS | C2 AIB | 3,2 | 2 | 0,1 |
| T2 | MS | C2 AIB | 5,9 | 2 | 0,1 |
| T2 | MS | C2 AIB | 7,0 | 6 | 0,2 |
| T2 | MS | C2 AIB | 5,4 | 3 | 0,2 |
| T2 | MS | C2 AIB | 7,3 | 2 | 0,2 |
| T2 | MS | C2 AIB | 3,6 | 2 | 0,1 |
| T2 | MS | C2 AIB | 8,8 | 2 | 0,4 |
| T2 | MS | C2 AIB | 4,1 | 2 | 0,8 |
| T2 | MS | C2 AIB | 4,0 | 2 | 0,5 |
| T2 | MS | C2 AIB | 2,7 | 4 | 0,1 |
| T2 | MS | C2 AIB | 7,8 | 4 | 0,2 |
| T2 | MS | C2 AIB | 3,9 | 2 | 0,3 |
| T2 | MS | C2 AIB | 4,8 | 2 | 0,7 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| T2 | MS | C2 AIB | 6,9 | 2 | 0,1 |
| T2 | MS | C2 AIB | 5,0 | 2 | 0,3 |
| T2 | MS | C2 AIB | 6,2 | 2 | 0,7 |
| T2 | MS | C2 AIB | 4,2 | 2 | 0,3 |
| T2 | MS | C2 AIB | 4,5 | 2 | 0,6 |
| T2 | MS | C2 AIB | 3,4 | 2 | 0,6 |
| T2 | MS | C2 AIB | 5,3 | 4 | 0,1 |
| T2 | MS | C2 AIB | 2,5 | 2 | 0,4 |
| T2 | MS | C2 AIB | 4,2 | 2 | 0,5 |
| T2 | MS | C2 AIB | 2,9 | 2 | 0,4 |
| T2 | MS | C2 AIB | 9,2 | 2 | 0,6 |
| T2 | MS | C2 AIB | 5,3 | 2 | 0,3 |
| T2 | MS | C2 AIB | 2,1 | 2 | 0,7 |
| T3 | MS | C3 AIB | 3,3 | 2 | 0,2 |
| T3 | MS | C3 AIB | 5,0 | 2 | 0,3 |
| T3 | MS | C3 AIB | 2,4 | 2 | 0,2 |
| T3 | MS | C3 AIB | 5,5 | 2 | 0,4 |
| T3 | MS | C3 AIB | 2,5 | 4 | 0,2 |
| T3 | MS | C3 AIB | 3,2 | 4 | 0,3 |
| T3 | MS | C3 AIB | 6,3 | 2 | 0,3 |
| T3 | MS | C3 AIB | 2,6 | 2 | 0,5 |
| T3 | MS | C3 AIB | 8,2 | 2 | 0,4 |
| T3 | MS | C3 AIB | 3,1 | 4 | 0,5 |
| T3 | MS | C3 AIB | 7,3 | 2 | 0,4 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| T3 | MS | C3 AIB | 6,0 | 4 | 0,1 |
| T3 | MS | C3 AIB | 3,2 | 4 | 0,1 |
| T3 | MS | C3 AIB | 5,6 | 4 | 0,3 |
| T3 | MS | C3 AIB | 1,8 | 2 | 0,2 |
| T3 | MS | C3 AIB | 3,1 | 4 | 0,2 |
| T3 | MS | C3 AIB | 2,7 | 2 | 0,1 |
| T3 | MS | C3 AIB | 2,7 | 2 | 0,1 |
| T3 | MS | C3 AIB | 4,0 | 2 | 0,2 |
| T3 | MS | C3 AIB | 4,2 | 2 | 0,2 |
| T3 | MS | C3 AIB | 8,1 | 4 | 0,4 |
| T3 | MS | C3 AIB | 4,1 | 2 | 0,3 |
| T3 | MS | C3 AIB | 2,0 | 4 | 3,6 |
| T3 | MS | C3 AIB | 2,0 | 2 | 0,4 |
| T3 | MS | C3 AIB | 3,4 | 4 | 0,1 |
| T3 | MS | C3 AIB | 4,5 | 2 | 0,4 |
| T3 | MS | C3 AIB | 3,2 | 2 | 0,1 |
| T3 | MS | C3 AIB | 3,8 | 2 | 0,2 |
| T3 | MS | C3 AIB | 2,7 | 4 | 0,4 |
| T3 | MS | C3 AIB | 3,3 | 2 | 0,1 |
| T3 | MS | C3 AIB | 8,8 | 2 | 0,1 |
| T3 | MS | C3 AIB | 8,0 | 4 | 0,4 |
| T3 | MS | C3 AIB | 7,0 | 2 | 0,2 |
| T3 | MS | C3 AIB | 11,1 | 4 | 0,2 |
| T3 | MS | C3 AIB | 6,5 | 2 | 0,1 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| T3 | MS | C3 AIB | 8,0 | 4 | 0,5 |
| T3 | MS | C3 AIB | 11,6 | 2 | 0,3 |
| T3 | MS | C3 AIB | 12,6 | 2 | 0,4 |
| T3 | MS | C3 AIB | 6,1 | 4 | 0,2 |
| T3 | MS | C3 AIB | 5,0 | 2 | 0,1 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 30,3 | 2 | 8,1 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 20,9 | 4 | 2,3 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 17,7 | 2 | 1,2 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 34,4 | 2 | 1,8 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 28,0 | 2 | 0,3 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 13,7 | 2 | 1,5 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 19,0 | 2 | 0,6 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 17,4 | 2 | 1,3 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 12,0 | 4 | 1,2 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 24,4 | 2 | 2,3 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 11,4 | 4 | 0,6 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 15,4 | 2 | 3,8 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 15,9 | 4 | 5,0 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 14,3 | 4 | 2,0 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 15,8 | 4 | 0,7 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 17,7 | 2 | 3,0 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 13,3 | 4 | 5,8 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 18,6 | 2 | 4,9 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 14,2 | 2 | 2,0 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| T4 | B5 | C1 AIB | 27,3 | 4 | 1,3 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 18,8 | 2 | 3,8 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 10,0 | 4 | 1,2 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 12,8 | 2 | 2,1 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 10,7 | 4 | 0,8 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 16,2 | 4 | 1,5 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 23,8 | 4 | 2,6 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 38,1 | 4 | 2,8 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 19,1 | 4 | 0,8 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 21,7 | 2 | 2,1 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 37,6 | 2 | 6,3 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 26,5 | 4 | 2,2 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 25,4 | 4 | 4,3 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 30,4 | 4 | 1,6 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 24,2 | 2 | 1,0 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 16,8 | 2 | 1,2 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 10,5 | 2 | 1,0 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 10,5 | 2 | 2,0 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 5,6 | 2 | 1,7 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 19,2 | 3 | 0,6 |
| T4 | B5 | C1 AIB | 22,1 | 2 | 7,7 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 45,2 | 2 | 4,1 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 17,3 | 4 | 2,3 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 19,5 | 4 | 2,6 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| T5 | B5 | C2 AIB | 31,6 | 2 | 4,0 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 11,2 | 2 | 1,5 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 10,9 | 4 | 2,3 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 16,3 | 4 | 4,7 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 24,1 | 2 | 1,8 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 32,3 | 2 | 1,1 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 23,5 | 4 | 2,4 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 30,6 | 4 | 8,6 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 9,2 | 4 | 8,8 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 18,6 | 2 | 1,9 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 19,0 | 2 | 3,8 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 16,1 | 2 | 2,5 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 54,4 | 2 | 3,7 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 9,8 | 6 | 2,5 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 18,7 | 3 | 3,6 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 24,0 | 2 | 1,1 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 25,2 | 2 | 4,3 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 20,9 | 2 | 2,3 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 15,1 | 2 | 2,8 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 19,9 | 2 | 0,8 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 17,8 | 4 | 4,7 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 22,4 | 4 | 4,5 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 15,5 | 2 | 0,9 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 16,0 | 2 | 0,9 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| T5 | B5 | C2 AIB | 17,5 | 2 | 2,0 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 5,9 | 2 | 5,2 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 5,8 | 2 | 2,0 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 31,0 | 2 | 2,1 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 11,9 | 2 | 6,7 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 22,1 | 2 | 1,9 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 35,9 | 4 | 5,1 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 13,1 | 2 | 4,1 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 23,2 | 2 | 0,6 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 9,7 | 2 | 2,2 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 29,1 | 2 | 2,5 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 40,9 | 2 | 0,6 |
| T5 | B5 | C2 AIB | 30,6 | 2 | 1,8 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 17,7 | 2 | 1,9 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 11,8 | 2 | 5,6 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 7,2 | 2 | 0,9 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 46,2 | 2 | 1,5 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 13,2 | 4 | 1,0 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 17,9 | 4 | 1,3 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 17,4 | 2 | 1,9 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 7,1 | 2 | 1,5 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 12,4 | 2 | 1,8 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 12,8 | 4 | 2,5 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 26,2 | 2 | 2,8 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| T6 | B5 | C3 AIB | 33,0 | 4 | 3,9 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 12,2 | 4 | 1,5 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 23,5 | 4 | 0,6 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 21,9 | 2 | 1,2 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 15,0 | 4 | 0,8 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 12,3 | 2 | 1,8 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 9,8 | 2 | 0,8 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 17,5 | 2 | 1,9 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 18,5 | 2 | 1,3 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 27,0 | 4 | 0,8 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 8,6 | 2 | 2,6 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 17,8 | 4 | 0,5 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 15,6 | 2 | 0,5 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 15,0 | 4 | 2,4 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 20,4 | 2 | 0,9 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 13,6 | 2 | 2,8 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 2,7 | 2 | 1,9 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 13,8 | 4 | 1,5 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 14,9 | 2 | 1,3 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 24,4 | 2 | 1,9 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 10,9 | 4 | 0,8 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 20,0 | 2 | 3,7 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 31,1 | 4 | 1,2 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 15,4 | 2 | 1,2 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| T6 | B5 | C3 AIB | 13,7 | 4 | 0,8 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 13,8 | 2 | 0,5 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 12,1 | 2 | 1,0 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 12,1 | 4 | 3,1 |
| T6 | B5 | C3 AIB | 25,5 | 2 | 2,1 |

**Anexos 2.** Tabla de datos ANOVA

Nùmero de brotes

| Variable | N | R² | R² Aj | CV |
|---|---|---|---|---|
| Nùmero de brotes | 240 | 0,01 | 0,00 | 36,40 |

*Datos desbalanceados en celdas.*
*Para otra descomposición de la SC*
*especifique los contrastes apropiados.. !!*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo. | 2,50 | 5 | 0,50 | 0,50 | 0,7769 |
| Factor 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | 0,00 | >0,9999 |
| Factor 2 | 2,50 | 2 | 1,25 | 1,25 | 0,2892 |
| Tratamientos | 0,00 | 2 | 0,00 | 0,00 | >0,9999 |
| Factor 1*Factor 2 | 0,00 | 0 | 0,00 | sd | sd |
| Factor 2*Tratamientos | 0,00 | 0 | 0,00 | sd | sd |
| Error | 234,50 | 234 | 1,00 | | |
| Total | 237,00 | 239 | | | |

Longitud de raìz (cm)

| Variable | N | R² | R² Aj | CV |
|---|---|---|---|---|
| Longitud de raìz (cm) | 240 | 0,41 | 0,40 | 86,84 |

*Datos desbalanceados en celdas.*
*Para otra descomposición de la SC*
*especifique los contrastes apropiados.. !!*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo. | 255,93 | 5 | 51,19 | 33,19 | <0,0001 |
| Factor 1 | 219,27 | 1 | 219,27 | 142,18 | <0,0001 |
| Factor 2 | 23,38 | 2 | 11,69 | 7,58 | 0,0006 |
| Tratamientos | 13,28 | 2 | 6,64 | 4,30 | 0,0146 |
| Factor 1*Factor 2 | 0,00 | 0 | 0,00 | sd | sd |
| Factor 2*Tratamientos | 0,00 | 0 | 0,00 | sd | sd |
| Error | 360,87 | 234 | 1,54 | | |
| Total | 616,80 | 239 | | | |

Nueva tabla : 19/6/2025 - 10:15:20 - [Versión : 31/3/2015]

Análisis de la varianza

Altura (cm)

| Variable | N | R² | R² Aj | CV |
|---|---|---|---|---|
| Altura (cm) | 240 | 0,56 | 0,55 | 53,18 |

*Datos desbalanceados en celdas.*
*Para otra descomposición de la SC*
*especifique los contrastes apropiados.. !!*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo. | 12627,59 | 5 | 2525,52 | 59,58 | <0,0001 |
| Factor 1 | 12219,40 | 1 | 12219,40 | 288,25 | <0,0001 |
| Factor 2 | 189,39 | 2 | 94,70 | 2,23 | 0,1094 |
| Tratamientos | 218,79 | 2 | 109,40 | 2,58 | 0,0779 |
| Factor 1*Factor 2 | 0,00 | 0 | 0,00 | sd | sd |
| Factor 2*Tratamientos | 0,00 | 0 | 0,00 | sd | sd |
| Error | 9919,72 | 234 | 42,39 | | |
| Total | 22547,31 | 239 | | | |

## **Anexos 3.** Tabla de análisis de medias

Nueva tabla : 19/6/2025 - 10:55:40 - [Versión : 31/3/2015]

**Análisis de la varianza**

**Altura (cm)**

| Variable | N | $R^2$ | $R^2$ Aj | CV |
|---|---|---|---|---|
| Altura (cm) | 240 | 0,56 | 0,55 | 53,18 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo. | 12627,59 | 5 | 2525,52 | 59,58 | <0,0001 |
| Tratamientos | 12627,59 | 5 | 2525,52 | 59,58 | <0,0001 |
| Error | 9919,72 | 234 | 42,39 | | |
| Total | 22547,31 | 239 | | | |

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,15691**

*Error: 42,3920 gl: 234*

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| T2 | 4,93 | 40 | 1,03 | A | |
| T3 | 5,11 | 40 | 1,03 | A | |
| T1 | 5,28 | 40 | 1,03 | A | |
| T6 | 17,05 | 40 | 1,03 | | B |
| T4 | 19,54 | 40 | 1,03 | | B C |
| T5 | 21,55 | 40 | 1,03 | | C |

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Nùmero de brotes**

| Variable | N | $R^2$ | $R^2$ Aj | CV |
|---|---|---|---|---|
| Nùmero de brotes | 240 | 0,01 | 0,00 | 36,40 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo. | 2,50 | 5 | 0,50 | 0,50 | 0,7769 |
| Tratamientos | 2,50 | 5 | 0,50 | 0,50 | 0,7769 |
| Error | 234,50 | 234 | 1,00 | | |
| Total | 237,00 | 239 | | | |

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,63913**

*Error: 1,0021 gl: 234*

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|---|---|---|---|---|
| T5 | 2,63 | 40 | 0,16 | A |
| T2 | 2,63 | 40 | 0,16 | A |
| T6 | 2,75 | 40 | 0,16 | A |
| T3 | 2,75 | 40 | 0,16 | A |
| T4 | 2,88 | 40 | 0,16 | A |
| T1 | 2,88 | 40 | 0,16 | A |

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Longitud de raiz (cm)**

| Variable | N | $R^2$ | $R^2$ Aj | CV |
|---|---|---|---|---|
| Longitud de raiz (cm) | 240 | 0,41 | 0,40 | 86,84 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo. | 255,93 | 5 | 51,19 | 33,19 | <0,0001 |
| Tratamientos | 255,93 | 5 | 51,19 | 33,19 | <0,0001 |
| Error | 360,87 | 234 | 1,54 | | |
| Total | 616,80 | 239 | | | |

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,79286**

*Error: 1,5422 gl: 234*

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| T3 | 0,34 | 40 | 0,20 | A | |
| T2 | 0,53 | 40 | 0,20 | A | |
| T1 | 0,56 | 40 | 0,20 | A | |
| T6 | 1,70 | 40 | 0,20 | | B |
| T4 | 2,43 | 40 | 0,20 | | B C |
| T5 | 3,03 | 40 | 0,20 | | C |

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*