



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación - RENATI.
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres: TOLENTINO DEXTRE ERIKA TEOFILA
Código de alumno: 112.0103.319 Teléfono: 910670320
Correo electrónico: erikatd46@gmail.com DNI o Extranjería: 71859553

2. Modalidad de trabajo de investigación:

() Trabajo de investigación () Trabajo académico
() Trabajo de suficiencia profesional (x) Tesis

3. Título profesional o grado académico:

() Bachiller (x) Título () Segunda especialidad
() Licenciado () Magister () Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS REGULADORES DE CRECIMIENTO
EN EL CULTIVO In Vitro DE LA PAPA AMARGA
ANCU (Solanum sp.) COMO ALTERNATIVA PARA SU MULTIPLICACIÓN

5. Facultad de: CIENCIAS AGRARIAS

6. Escuela, Carrera o Programa: AGRONOMÍA

7. Asesor:

Apellidos y Nombres: OLIVERA GONZALES PERCY EDUARDO Teléfono: 945122293
Correo electrónico: olhygon2002@gmail.com DNI o Extranjería: 31651043

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

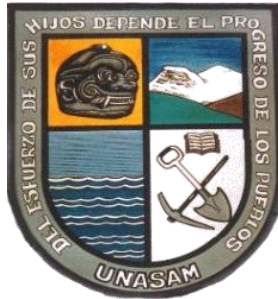
Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma:

D.N.I.: 71859553

FECHA: 26/06/2019

UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS REGULADORES DE
CRECIMIENTO EN EL CULTIVO *In Vitro* DE LA PAPA AMARGA
ANCU (*Solanum* sp.), COMO ALTERNATIVA PARA SU
MULTIPLICACIÓN.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR:

Bach. ERIKA TEOFILA TOLENTINO DEXTRE.

PATROCINADOR:

Dr. PERCY EDUARDO OLIVERA GONZALES.

HUARAZ – PERU

2019



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis denominada: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS REGULADORES DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO *In Vitro* DE LA PAPA AMARGA ANCU (*Solanum* sp.), COMO ALTERNATIVA PARA SU MULTIPLICACIÓN", presentada por la Bachiller en Ciencias Agronomía ERIKA TEOFILA TOLENTINO DEXTRE, y sustentada el día 04 de Junio del 2019, por Resolución Decanatural N°231-2019-UNASAM-FCA/D, la declaramos CONFORME.

Huaraz, 04 de Junio del 2018

Ing. M. Sc. Hugo Mendoza Vilcahuaman
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Nelly Pilar Caycho Medrano
SECRETARIO

Ing. Eusebio Reyes Huamán
VOCAL

Dr. Percy Eduardo Olivera Gonzales
PATROCINADOR



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de Tesis presentado por la Bachiller en Ciencias Agronomía **ERIKA TEOFILA TOLENTINO DEXTRE**, denominado: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS REGULADORES DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO *In Vitro* DE LA PAPA AMARGA ANCU (*Solanum* sp.), COMO ALTERNATIVA PARA SU MULTIPLICACIÓN", Escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADA

CON EL CALIFICATIVO (*)

APROBADO CON DISTINCIÓN (18)

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO AGRÓNOMO** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 04 de Junio de 2019

Ing. M. Sc. Hugo Mendoza Vilcahuaman
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Nelly Pilar Caycho Medrano
SECRETARIO

Ing. Eusebio Reyes Huaman
VOCAL

Dr. Percy Eduardo Olivera Gonzales
PATROCINADOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: **APROBADO CON EXCELENCIA** (19 – 20), **APROBADO CON DISTINCIÓN** (17 – 18), **APROBADO** (14 -16), **DESAPROBADO** (00 – 13).

DEDICATORIA

A Dios por ser mi fortaleza, por ser mi camino mi sentido y por llenar mi vida de bendiciones.

Con el profundo cariño a mis padres Andrés Tolentino y Paula Dextre, por ser la motivación de mi vida, por sembrar en mis buenos valores, por sus consejos, mi amor y respeto a ellos.

A mis hermanas Elisa, Olinda, Evelin y Anahí, por estar siempre conmigo, por su cariño entrañable, por ser parte mi vida y apoyarme siempre a ustedes que forman parte de mi corazón.

A mis sobrinos por darme tantas alegrías y hacer de mi vida una aventura si fin.

A mis cuñados Cesar Zaragoza y Marcell Aniceto, por sus consejos y su cariño.

A Angel Macedo por su amor y apoyo incondicional, por contribuir en el trabajo de investigación, por formar parte de mi vida universitaria y respaldarme siempre.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater “Santiago Antúnez de Mayolo”, a la Facultad de Ciencias Agrarias, por albergarme en sus aulas.

A los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, por sus enseñanzas y transmitirme sus conocimientos y formar parte de mi formación profesional.

A mi asesor el Dr. Percy Olivera Gonzales y la Dra. Carmen Del Rosario Tamariz Angeles por darme la oportunidad de ejecutar la tesis en el Laboratorio de Biología, gracias por su apoyo incondicional, por las tantas horas de trabajo dedicadas, por su comprensión y sobre todo por confiar en mi en cada momento, gracias por hacer posible mi sueño y cumplir mi meta.

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|---------------------------|-----|
| PORTADA..... | i |
| ACTA DE CONFORMIDAD..... | ii |
| ACTA DE SUSTENTACION..... | iii |
| DEDICATORIA..... | iv |
| AGRADECIMIENTO..... | v |
| ÍNDICE GENERAL..... | vii |
| NDICE DE TABLAS..... | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xii |
| RESUMEN..... | xiv |
| ABSTRACT..... | xv |

CONTENIDO

| | | |
|------|---|----|
| I. | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| | OBJETIVO GENERAL..... | 2 |
| | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 2 |
| II. | MARCO TEORICO..... | 3 |
| | 2.1. ANTECEDENTES..... | 3 |
| | 2.2. MARCO CONCEPTUAL..... | 4 |
| | 2.2.1. Origen y distribución de la papa..... | 4 |
| | 2.2.2. Taxonomía..... | 5 |
| | 2.2.3. Descripción botánica..... | 5 |
| | 2.2.4. Diversidad genética..... | 6 |
| | 2.3. LA PAPA AMARGA..... | 7 |
| | 2.3.1. <i>Solanum curtilobum</i> | 8 |
| | 2.3.2. <i>Solanum juzepczukii</i> | 8 |
| | 2.3.3. Importancia de la papa amarga..... | 9 |
| | 2.3.4. Sistemas de uso..... | 9 |
| | 2.4. CULTIVO <i>IN VITRO</i> DE TEJIDOS VEGETALES..... | 10 |
| | 2.4.1. Etapas de la micropropagación..... | 10 |
| | 2.4.2. Ventajas y desventajas del cultivo <i>in vitro</i> | 13 |
| | 2.5. HORMONAS Y REGULADORES DE CRECIMIENTO..... | 14 |
| | 2.5.1. Auxinas..... | 15 |
| | 2.5.2. Citoquininas..... | 16 |
| | 2.5.3. Giberelinas..... | 17 |
| III. | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 19 |
| | 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN..... | 19 |
| | 3.1.1. Ubicación política..... | 19 |
| | 3.1.2. Ubicación geográfica..... | 19 |
| | 3.2. MATERIALES..... | 19 |
| | 3.2.1. Material biológico..... | 19 |
| | 3.2.2. Medio de cultivo..... | 19 |
| | 3.2.3. Material de desinfección..... | 19 |

| | |
|---|----|
| 3.2.4. Equipos e instrumentos. | 20 |
| 3.3. MÉTODOS. | 20 |
| 3.3.1. Diseño experimental..... | 20 |
| 3.3.2. Procesamiento estadístico de datos. | 21 |
| 3.3.3. Descripción de los tratamientos. | 21 |
| 3.3.4. Parámetros de evaluación..... | 23 |
| 3.4. PROCEDIMIENTO..... | 23 |
| 3.4.1. Selección y colecta del material vegetal. | 23 |
| 3.4.2. Fase de establecimiento..... | 24 |
| 3.4.3. Fase de multiplicación..... | 25 |
| 3.4.4. Fase de enraizamiento. | 26 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES. | 27 |
| 4.1. RESULTADOS. | 27 |
| 4.2. DISCUSIONES. | 49 |
| V. CONCLUSIONES..... | 52 |
| VI. RECOMENDACIONES. | 53 |
| VII. BIBLIOGRAFÍA..... | 54 |
| VIII. ANEXO..... | 58 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Tratamiento para la desinfección de los explantes de la papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. con diversas concentraciones de NaClO. | 21 |
| Tabla 2: Concentraciones de BAP y AG ₃ para número de nudos y longitud de tallo de la papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. | 22 |
| Tabla 3: Mejor concentración de BAP en combinación con diversas concentraciones de AG ₃ para el número de nudos y longitud de tallo de la papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. | 22 |
| Tabla 4: Tratamiento para el enraizamiento de la papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. a diversas concentraciones de AIA. | 23 |
| Tabla 5: Concentraciones de NaClO para la desinfección de los explantes de papa “ancu” <i>Solanum</i> sp. | 25 |
| Tabla 6: Análisis de varianza para el grado de desinfección de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. respecto a las concentraciones de NaClO. | 27 |
| Tabla 7: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para explantes de <i>Solanum</i> sp. respecto a las concentraciones de NaClO. | 27 |
| Tabla 8: Análisis de varianza para el número de nudos de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. respecto a las concentraciones de BAP. | 30 |
| Tabla 9: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para el número de nudos de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. a los 7, 14, 21 y 28 días. | 30 |
| Tabla 10: Análisis de varianza para longitud de tallo de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. respecto a las concentraciones de BAP. | 32 |
| Tabla 11: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para longitud de tallo de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. a los 7, 14, 21 y 28 días. | 32 |
| Tabla 12: Análisis de varianza para el número de nudos de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. respecto a las concentraciones de AG ₃ | 34 |
| Tabla 13: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para el número de nudos de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. a los 7, 14, 21 y 28 días. | 35 |
| Tabla 14: Análisis de varianza para longitud de tallo de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. respecto a las concentraciones de AG ₃ | 37 |

| | |
|--|----|
| Tabla 15: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para longitud de tallo de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. a los 7, 14, 21 y 28 días. | 37 |
| Tabla 16: Análisis de varianza para número de nudos de papa amarga <i>Solanum</i> sp. respecto a las concentraciones de (1,5 ppm BAP) con diversas concentraciones de AG ₃ | 39 |
| Tabla 17: Análisis de varianza para longitud de tallo de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. respecto a las concentraciones de (1,5 ppm BAP) con diversas concentraciones de AG ₃ | 40 |
| Tabla 18: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para longitud de tallo respecto a las concentraciones de 1,5 ppm BAP añadido con diversas concentraciones de AG ₃ . a los 7, 14, 21 y 28 días. | 41 |
| Tabla 19: Análisis de varianza para longitud de raíz de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. respecto a diversas concentraciones de AIA (ppm). | 43 |
| Tabla 20: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para la longitud de raíz respecto a las concentraciones de AIA a los 7, 14 y 21 días. | 44 |
| Tabla 21: Análisis de varianza para el número de raíz de papa “ancu” <i>Solanum</i> sp. respecto a diversas concentraciones de AIA (ppm). | 45 |
| Tabla 22: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para el número de raíces respecto a las concentraciones de AIA 7, 14 y 21 días. | 46 |
| Tabla 23: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para el número de nudos respecto a las concentraciones de BAP. | 58 |
| Tabla 24: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para longitud de tallo respecto a las concentraciones de BAP. | 59 |
| Tabla 25: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para el número de nudos respecto a las concentraciones de AG ₃ | 60 |
| Tabla 26: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para longitud de tallo respecto a las concentraciones de AG ₃ | 61 |
| Tabla 27: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para longitud de tallo respecto a las concentraciones de 1,5 ppm BAP añadido con diversas concentraciones de AG ₃ | 62 |
| Tabla 28: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para número de nudos respecto a las concentraciones de 1,5 ppm BAP añadido con diversas concentraciones de AG ₃ | 63 |

| | |
|--|----|
| Tabla 29: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para la longitud de raíz respecto a las concentraciones de AIA. | 64 |
| Tabla 30: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para el número de raíces respecto a las concentraciones de AIA. | 64 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figúra 1. Explantes de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. A) Explante afectados por agentes contaminantes, B) Explante muerto, C) Establecimiento <i>in vitro</i> incubados a 20°C..... | 28 |
| Figúra 2. Efecto de diversas concentraciones de NaClO % en la desinfección superficial de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp..... | 29 |
| Figúra 3. Efecto de diversas concentraciones de BAP con medio MS en la formación de número de nudos a partir de segmentos nodales de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. a los 7, 14, 21 y 28 días..... | 31 |
| Figúra 4. Efecto de diversas concentraciones de BAP con medio MS en la elongación de tallos a partir de segmentos nodales de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. a los 7, 14, 21 y 28 días. . | 33 |
| Figúra 5. Plántulas de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. a los 28 días después de la siembra. A) Plántulas en medio MS suplementado con diferentes concentraciones de AG ₃ . B) Plántulas en medio MS suplementado con diferentes concentraciones de BAP. | 34 |
| Figúra 6. Efecto de diversas concentraciones de AG ₃ con medio MS en la formación de número de nudos a partir de segmentos nodales de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. a los 7, 14, 21 y 28 días..... | 36 |
| Figúra 7. Efecto de diversas concentraciones de AG ₃ con medio MS en la elongación de tallos a partir de segmentos nodales de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. a los 7, 14, 21 y 28 días. . | 38 |
| Figúra 8. Efecto de diversas concentraciones de AG ₃ añadido con BAP (1,5 ppm) en medio MS en el número de nudos a partir de segmentos nodales de papa amarga <i>Solanum</i> sp. a los 7, 14, 21 y 28 días..... | 39 |
| Figúra 9. Plántulas de papa amarga <i>Solanum</i> sp. a los 28 días luego de la siembra. Número de nudos en respuesta al efecto de concentraciones de (1,5 ppm BAP) con diversas concentraciones de AG ₃ con medio MS. | 40 |
| Figúra 10. Efecto de diversas concentraciones de AG ₃ añadido con BAP (1,5 ppm) en medio MS en la longitud de tallo a partir de segmentos nodales de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. a los 7, 14, 21 y 28 días. | 42 |
| Figúra 11. Plántulas de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. a los 28 días luego de la siembra. Longitud de tallo en respuesta al efecto de concentraciones de (1,5 ppm BAP) con diversas concentraciones de AG ₃ con medio MS. | 43 |

| | |
|---|----|
| Figúra 12. Efecto de diversas concentraciones de AIA (ppm) en medio MS en la longitud de raíz partir de segmentos nodales papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. 7, 14 y 21 días. | 45 |
| Figúra 13. Efecto de diversas concentraciones de AIA (ppm) en medio MS en número de raíces a partir de segmentos nodales papa “ancu” 7, 14 y 21 días..... | 47 |
| Figúra 14. Desarrollo de raíces de papa amarga “ancu” <i>Solanum</i> sp. en medio MS suplementado con diferentes concentraciones de AIA a los 21 días. | 48 |
| Figúra 15. Plantas madre en el invernadero de la FCA - UNASAM..... | 65 |
| Figúra 16. Preparación de MS para el establecimiento | 65 |
| Figúra 17. Recolección segmentos nodales provista de yemas axilares..... | 65 |
| Figúra 18. Desinfección de los segmentos nodales provista de yemas axilares..... | 65 |
| Figúra 19. Instalación en MS de los segmentos nodales. | 65 |
| Figura 20. Multiplicación en MS. de las yemas axilares..... | 65 |
| Figura 21. Instalación de la primera prueba con BAP y AG ₃ a diferentes concentraciones..... | 65 |

RESUMEN

La investigación se realizó en el Laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, el propósito fue evaluar el efecto de los reguladores de crecimiento en el cultivo *in vitro* de la papa amarga “ancu” *Solanum* sp. Para la desinfección se realizó tres tratamientos con hipoclorito de sodio (NaClO) a concentraciones de 0,50%, 0,75% y 1,0%. Se evaluó la supervivencia, contaminación y muertos de explante. Para el establecimiento se empleó MS completo con sacarosa (3%) y Phytigel (0.3%). Para la multiplicación se probaron nueve tratamientos utilizando 0,5 ppm, 1,0 ppm, 1,5 ppm, 2,0 ppm de bencilaminopurina (BAP), ácido giberélico (AG₃) a concentraciones de 0,5 ppm, 1,0 ppm, 1,5 ppm, 2,0 ppm y un tratamiento control (testigo), además se establecieron cinco tratamientos con 1,5 ppm de bencilaminopurina (BAP) + 0,5 ppm, 1,0 ppm, 1,5 ppm, y 2,0 ppm de ácido giberélico (AG₃) y el testigo (0,5 ppm de BAP). Se evaluó el número de nudos y longitud de tallo. Para el enraizamiento se realizaron cinco tratamientos con 0,5 ppm, 1,0 ppm, 1,5 ppm, 2,0 ppm de ácido indol acético (AIA) y el testigo. Se evaluó la longitud y número de raíces. Todos los tratamientos fueron sometidos a fotoperiodo de 16 horas y temperatura ambiental de 20°C. El mejor método de desinfección fue con 1,0% de NaClO, donde se obtuvo un 6% de contaminación, 91% de supervivencia y 3% de explantes muertos. Los mejores tratamientos que produjeron mayor cantidad de nudos fueron 1,5 ppm de BAP y 0,5 ppm de AG₃ obteniendo 4 nudos/explante respectivamente. El mejor tratamiento para la longitud de tallo fue con 1,0 ppm de AG₃ con un promedio de 64,1 mm de longitud de tallo/explante. En la combinación de 1,5 ppm de BAP con diversas concentraciones de AG₃, el mejor tratamiento fue con 1,5 ppm de BAP, alcanzando un promedio de 36,9 mm de longitud de tallo/explante, no se encontró diferencias estadísticas en la obtención de nudos empleando 1,5 ppm de BAP añadido con diversas concentraciones de AG₃. En el enraizamiento el mejor tratamiento fue con 2,0 ppm AIA con un promedio de 10 raíces/explante, mientras que se alcanzando 26 mm de longitud de raíz/explante con el testigo.

Palabras claves: Cultivo *in vitro*, bencilaminopurina, ácido giberélico, ácido indol acético.

ABSTRACT

The research was conducted at the Laboratory of Biology of the Faculty of Sciences of the National University Santiago Antunez of Mayolo, the purpose was to evaluate the effect of growth regulators on in vitro culture of bitter potato "ancu" *Solanum* sp. For disinfection three treatments with sodium hypochlorite (NaClO) was performed at concentrations of 0.50%, 0.75% and 1.0%. survival, pollution and dead explant was evaluated. It was used to establish full MS with sucrose (3%) and Phytigel (0.3%). For multiplication nine treatments using 0.5 ppm 1.0 ppm, 1.5 ppm, 2.0 ppm benzylaminopurine (BAP), gibberellic acid (AG₃) at concentrations of 0.5 ppm, 1.0 ppm were tested, 1.5 ppm, 2.0 ppm and a control (control) plus five treatments were established one, 5 ppm benzylaminopurine (BAP) + 0.5 ppm, 1.0 ppm, 1.5 ppm, and 2.0 ppm of gibberellic acid (AG₃) and the control (0.5 ppm BAP). the number of nodes and stem length were evaluated. Rooting five treatments with 0.5 ppm, 1.0 ppm, 1.5 ppm, 2.0 ppm indole acetic acid (IAA) and the control were performed. the length and number of roots was evaluated. All treatments were subjected to 16 hours photoperiod and ambient temperature of 20 ° C. The best disinfection method was 1.0% NaClO where contamination 6%, 91% and 3% survival explants dead was obtained. The best treatments produced more knots were 1.5 ppm BAP and 0.5 ppm AG₃ obtain 4 knots / explant respectively. The best treatment for the stem length was 1.0 ppm AG₃ with an average of 64, 1mm stem length / explant. In the combination of 1.5 ppm BAP with various concentrations of AG₃, the best treatment was 1.5 ppm BAP, averaging 36.9 mm stem length / explant, no statistical differences were found in obtaining knots using 1.5 ppm BAP added with various concentrations of AG₃. The rooting the best treatment was 2.0 ppm IAA with an average of 10 roots / explant, while 26 mm root length / explant reaching to the control. 5 ppm BAP added with various concentrations of AG₃. E rooting the best treatment was 2.0 ppm IAA with an average of 10 roots / explant, while 26 mm root length / explant reaching to the control. 5 ppm BAP added with various concentrations of AG₃. E rooting the best treatment was 2.0 ppm IAA with an average of 10 roots / explant, while 26 mm root length / explant reaching to the control.

Keywords: In vitro culture, benzylaminopurine, gibberellic acid, indole acetic acid.

I. INTRODUCCIÓN.

La papa es un cultivo alimenticio de importancia mundial, ocupando el cuarto lugar como alimento humano después del maíz, trigo y arroz (Gavrilenko et al., 2013). De acuerdo al Censo Nacional Agropecuario en el Perú se utilizan 47 248 has para el cultivo de papa (INEI, 2012), dentro de ello las papas nativas son cultivadas en pequeñas áreas, como variedades individualizadas y/o mezcladas destinadas para el autoconsumo, siendo un alimento básico de la población rural.

Las papas nativas son especies cultivadas del género *Solanum* que no pertenecen a la especie *tuberosum*; dentro de este grupo se encuentran las papas amargas y según caracteres bioquímicos y taxonómicos se dividen en (*Solanum curtilobum*, *Solanum Juzepczukii*, y algunos cultivares de *Solanum ajanhuiri*), dichas especies se cultivan a altitudes entre 3600 y 4300 m.s.n.m. con temperaturas durante el periodo de crecimiento entre 6 y 14 °C, a veces cayendo a -5 °C (Gavrilenko et al., 2013).

Dentro de este contexto los agricultores han sabido conservar éstas variedades bajo estas condiciones ambientales de los andes, siendo un recurso de importancia estratégica; sin embargo estas especies de papas amargas vienen sufriendo una pérdida genética ya sea por el cambio climático, erosión de suelos, preferencias del mercado o la falta de cultura de consumo debido al sabor amargo.

Frente a esta situación, para evitar la erosión genética de esta especie, conociendo las bondades alimenticias y genéticas que posee, la investigación está orientada a la multiplicación *in vitro* como alternativa para su multiplicación y conservación, por lo que la micropropagación *in vitro* es una técnica que nos permite obtener plantas sanas en mayor número y en menor tiempo. Por lo que en este trabajo de investigación se han planteado los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el efecto de los reguladores de crecimiento en el cultivo *In vitro* de la papa amarga ancu (*Solanum* sp.), como alternativa para su multiplicación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ❖ Determinar una metodología apropiada para la desinfección de las yemas axilares.
- ❖ Determinar la mejor concentración de los reguladores de crecimiento bencilaminopurina (BAP) y ácido giberélico (AG₃) para la obtención del mayor número de nudos por plántula.
- ❖ Determinar el efecto de las diversas concentraciones de los reguladores de crecimiento bencilaminopurina (BAP) y ácido giberélico (AG₃) y en combinación.
- ❖ Establecer la mejor concentración de la hormona ácido indol acético (AIA) para la inducción de raíces en la papa amarga “ancu” *Solanum* sp.

II. MARCO TEORICO.

2.1. ANTECEDENTES.

Araque et al. (2017), trabajaron con dos variedades de papa (Diacol Capiro y Parda Pastusa), donde desinfectaron los brotes de papa sumergiendo durante 5 minutos en agua destilada estéril más Tween 20 y luego durante 30 segundos en etanol al 70%. Finalmente sumergieron en hipoclorito de sodio (NaClO) al 10% más Tween 20 durante 20 minutos y enjuagaron tres veces con agua destilada estéril. Este protocolo de desinfección les dio como resultado la obtención del 100% de explantes superficialmente asépticos.

García et al. (2015), realizaron la Propagación *in vitro* de cuatro variedades cubanas de *Solanum tuberosum* L. ‘Yuya’, ‘Marinca’, ‘Grettel’ e ‘Ibis’, a partir de brotes; para el proceso de desinfección superficial emplearon una solución de etanol al 70% durante dos minutos y posteriormente añadieron hipoclorito de sodio (NaClO) al 1,0 % por 10 minutos, en seguida efectuaron tres lavadas sucesivas con agua destilada estéril. El resultado de supervivencia fue de 80% para yuya, 30,7% en Marinca, 70,2 % en Grettel y 81% en la variedad Ibis.

Tacoronte et al. (2017), desarrollaron el procedimiento de desinfección, aislamiento y cultivo de explantes de las tres variedades de papas nativas venezolanas "Cucuba", "Arbolona Negra" y "Rosada", cortaron vástagos de las plantas madres en secciones de 10 cm, luego desinfectaron en una solución de alcohol isopropílico al 70 % por 45 segundos y, posteriormente en una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 1,5 % más Tween 20, por 15 min, para eliminar restos de cloro lavaron con agua destilada estéril, obteniendo altos porcentajes de supervivencia.

Edirisinghage (2015), realizó un trabajo titulado “Respuesta *in vitro* y en casa de cultivo de variedades cubanas durante la obtención de semilla original de papa (*Solanum tuberosum* L.)”, para el proceso de desinfección de los brotes empleo etanol al 70% durante dos minutos. En seguida adicionó en los brotes una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante 10 minutos, finalizando con tres lavadas sucesivas con agua destilada estéril, durante el establecimiento del cultivo no observó microorganismos contaminantes.

Rumzum (2016), trabajó con tres variedades de papa “Espirit”, “Meridian” y “Lady Rosseta” en cultivo *in vitro* de meristemas; obteniendo la mejor respuesta en términos de número de brotes con 0,5 mg/L de BAP en Lady Rosseta y 1,0 mg/L de BAP para Espirit y Meridian, mientras que para la inducción y longitud de brotes utilizó diversas concentraciones de AG₃ añadido con 1,0 mg/L BAP; la mejor respuesta se produjo en MS con 1,0 mg/L de BAP + 1,0 mg/L de AG₃ para Espirit y Meridian y 1,0 mg/L de BAP + 0,5 mg/L de AG₃ para la variedad Lady Rosseta; para la inducción de raíces utilizó AIA y AIB, encontrando mejor respuesta en medio MS con 0,5 mg/L de AIA en las tres variedades.

Olivera, Tamariz y Gutierrez (2010), afirman que a concentraciones de 2,0 mg/L de BAP y 0,02 mg/L de ANA fue el mejor tratamiento en la obtención de mayor número promedio de brotes por explante en el cultivo *in vitro* de *Perezia coerulea*.

Ruiz, Ramirez y Heysser (2018), realizaron una investigación de cultivo *in vitro* en *Persea americana* donde evaluaron variables de longitud de plántulas y número de hojas; determinaron que a concentraciones de 0,5 ppm de BAP y 0,5 ppm de AIA estimuló la mayor longitud de plántulas y mayor número de hojas.

Criollo, Insuasti y Delgado (2016), manifestaron que el mayor promedio de brotes por explante de *Solanum betaceum* se obtuvo con 3,0 mg/L BAP + 0,5 mg/L AIA, así mismo obtuvieron que el mejor porcentaje de enraizamiento de brotes fue con AIA 1,0 mg/L.

2.2. MARCO CONCEPTUAL.

2.2.1. Origen y distribución de la papa.

CIP Y FEDECH (2006), indican que la papa se cultiva en los Andes desde hace más de 7.000 años, según investigaciones confirmadas recientemente, el origen de la papa de la especie *Solanum tuberosum*, se centra en la parte norte del lago Titicaca, sur del Perú donde actualmente, la subespecie *S. tuberosum* es el cuarto cultivo de mayor importancia en el mundo después del maíz, trigo y el arroz, la papa se cultiva en más de 130 países, así mismo las otras especies cultivadas como: *S. goniocalyx*, *S. stenotomum*, *S. chaucha*, *S. phureja*, *S. curtilobum*, *S.*

juzepczukii y *S. ajanhuiri* también son de origen andino, representando así diferentes hibridaciones con parientes silvestres o cultivados a lo largo de la evolución de la papa, en compleja relación con el hombre andino.

2.2.2. Taxonomía.

Hawkes (1990), menciona la siguiente clasificación taxonómica de la papa:

- ❖ Tipo: Spermatophyta
- ❖ Clase: Angiosperma
- ❖ Subclase: Dicotiledónea
- ❖ Orden: Tubbiflorae
- ❖ Familia: Solanaceae
- ❖ Género: *Solanum*
- ❖ Especies: *Solanum* spp.

2.2.3. Descripción botánica.

Harris (1978), menciona que la papa es una planta suculenta, herbácea y anual por su parte aérea, y perenne por sus tubérculos (tallos subterráneos) que se desarrollan al final de los estolones que nacen del tallo principal; la parte aérea muere al final de cada estación de crecimiento, perviviendo la planta por medio de los tubérculos que se desarrollan bajo tierra.

Edirisinghage (2015), indica que las hojas adultas son pinnadas-compuestas, pero las hojas primarias de plántulas, así como también las primeras hojas provenientes del tubérculo, pueden ser simples, las hojas están provistas de pelos de diversos tipos, los cuales también se encuentran presentes en las demás partes aéreas de la planta, hay una gran variabilidad en la forma de las hojas entre las muchas especies y variedades de papa.

Las flores son pentámeras de colores diversos; tienen estilo y estigma simple y ovario bilocular: el polen es típicamente de dispersión por el viento; la autopolinización se realiza de manera natural, siendo relativamente rara la polinización cruzada en los tetraploides y cuando esto sucede, probablemente los insectos son los responsables; los diploides son con muy pocas excepciones autoincompatibles (Harris, 1978).

La papa presenta un fruto tipo baya, con una forma globosa, cónica u ovoide, en el interior de la cual se encuentran las semillas que, normalmente y bajo condiciones adecuadas, tienen capacidad para germinar y dar lugar a nuevas plantas de papa, el número de semillas por fruto puede variar desde cero hasta 400 (Egúsquiza, 2000).

Además de los tallos aéreos, la planta de papa tiene un sistema de tallos subterráneos formados por estolones y tubérculos. Los primeros son de pequeño grosor y crecen de forma más o menos horizontal que bajo ciertas condiciones, en el extremo de los estolones se produce un engrosamiento que da lugar a los tubérculos (papas), órganos de almacenamiento donde se acumula en torno al 75-85 % del total de materia seca producida por la planta (Egúsquiza, 2000).

“La forma, textura, color de la piel y el color de la carne, son características que varían grandemente entre los tubérculos correspondientes a diferentes variedades cultivadas” (Borba, 2008).

“Un tubérculo, por tanto, no es otra cosa que un tallo modificado para funcionar como una reserva de almacenamiento masivo de una serie de macromoléculas, principalmente almidón y proteína” (Igarza et al., 2012).

2.2.4. Diversidad genética.

La papa cultivada conocida colectivamente bajo el nombre de *Solanum tuberosum* L., posee gran diversidad de genes, siendo una planta genética y taxonómicamente compleja, donde se presenta una serie de ploidias que fluctúan desde especies diploides con 24 cromosomas ($2n=2x=24$), triploides ($3n = 3x = 36$), tetraploides ($4n = 4x = 48$) hasta especies pentaploide ($5n=5x=60$). Aproximadamente un 70% de las especies son diploides, la mayoría de los restantes son hexaploides ($6n = 6x = 72$), con un número reducido de triploides y pentaploides (Hijmans y Spooner, 2001).

El potencial genético de las especies silvestres del género *Solanum*, especialmente en el Perú, Bolivia y Ecuador, es muy grande y se presentan en diferentes hábitats, desde ambientes muy fríos y sujetos a heladas en la sierra Andina, hasta condiciones muy secas de semi-desierto, mostrando amplia adaptabilidad al estrés abiótico y han desarrollado resistencias a un gran número de plagas y enfermedades, estas especies contienen diversos genes o alelos útiles que pueden ser transferidos a las especies cultivadas de papa mediante métodos convencionales de mejoramiento genético a corto y largo plazo, así como mediante la biotecnología molecular e ingeniería genética (Hijmans et al., 2003).

2.3. LA PAPA AMARGA.

Gavrilenko et al. (2013), manifiestan según características bioquímicas y taxonomicas las variedades locales de papas amargas se dividen entre las especies *Solanum curtilobum*, *Solanum Juzepczukii*, y algunos cultivares de *Solanum ajanhuiri*.

Rea y Vacher (1991), sostienen que las papas amargas incluyen dos especies diferentes: *Solanum Juzepczukii*. ($3n=3x=36$) y *Solanum curtilobum* ($5n=5x=60$) aquellas se derivaron de la especie silvestre *Solanum acaule* Bitt por cruzamientos naturales, mientras que *Solanum acaule* es una especie muy prevalente en alturas de 3000 a 4000 m, en los Andes y posee características muy valiosas como resistencia a las heladas (-6°C) a la sequía, resistencia al PVX (virus X) y al nematodo quiste; como consecuencia, las especies híbridas *S. Juzepczukii* y *S. curtilobum*, heredaron en buena parte la resistencia de *Solanum acaule*.

Estrada (1991), indica que *S. Juzepczukii* y *S. curtilobum* tienen un alto contenido de glicoalcaloides lo cual las hace no aptas para su consumo directo, por ello deben someterse los tubérculos al procesamiento que se sigue para la elaboración del chuño en zonas muy altas, en el cual, mediante congelación, deshidratación, secado y lavado se remueven los glicoalcaloides y se obtiene el chuño, producto elaborado y descubierto por los Aymaras para conservar la papa por un periodo largo.

Las papas amargas se caracterizan por presentar un alto contenido de glicoalcaloides en sus tubérculos, lo cual les confiere un sabor amargo, los glicoalcaloides son metabolitos secundarios

de la papa, importantes como mecanismo de defensa contra diferentes plagas, siendo también tóxicos cuando se consume en fresco para la alimentación animal y humana (Lachma et al., 2001).

2.3.1. *Solanum curtilobum*.

Bonifacio et al. (2013), afirma que *Solanum curtilobum*, híbrido natural de *S. juzepczukii* y *Solanum andigena*, es una especie pentaploide ($5n = 5x = 60$) es una planta de hábito semiarrosetado, de hojas erguidas y rígidas con foliolos angostos, corola rotácea y articulación del pedicelo muy próximo al cáliz.

Hábitat.

Ochoa (2001), menciona que el hábitat de *S. curtilobum* es similar al de *S. juzepczukii*; es una especie que crece esencialmente en la Puna y se la cultiva desde las provincias de Huaraz y Bolognesi del departamento de Ancash (norte de Perú) hasta los departamentos de Cochabamba, La Paz, Oruro y Potosí en Bolivia, entre 3400 a 4100 msnm, pero debido a su tolerancia a heladas y a la presencia de grandes concentraciones de poblaciones nativas quechua y Aymara donde tienen gran popularidad, su mayor difusión se encuentra en el sur de Perú y en el altiplano peruano-boliviano.

“La variabilidad de *S. curtilobum* es escasa y está representada por dos morfotipos que varían por el color del tubérculo, pero no en base a las proteínas de reserva de los tubérculos” (Bonifacio et al., 2013).

2.3.2. *Solanum juzepczukii*.

Rea y Vacher (1991), mencionan que *S. Juzepczukii*, siendo el resultado de la primera generación del cruzamiento entre *S. acaule* y *S. stenotomum* ($2n=2x=24$), es un híbrido triploide, $3n=36$, con alta tolerancia a heladas hasta -5°C con rendimientos generalmente medianos, así mismo por ser triploide es altamente estéril.

Hábitat.

Ochoa (2001), manifiesta que *Solanum juzepczukii* se cultiva desde el departamento de Ancash al norte del Perú, hasta la provincia de Jujuy al norte de Argentina, no obstante, es en el altiplano peruano-boliviano y en toda la cuenca del Lago Titicaca donde se encuentra su mayor concentración, siendo los límites altitudinales de esta especie entre los 3400 y 4100 m.s.n.m. y debido al cierto grado de resistencia a las heladas, su cultivo se encuentra principalmente en la puna, en los límites donde ya ningún otro cultivo andino prospera y la vegetación predominante son los pajonales.

2.3.3. Importancia de la papa amarga.

Bonifacio et al. (2013), manifiestan que la papa amarga, tiene importancia estratégica para los agricultores de escasos recursos económicos desde el punto de vista ecológico, alimenticio y económico, debido a que esta crece y produce en condiciones adversas de las alturas de los andes, así mismo tiene importancia por sus características de resistencia y/o tolerancia a heladas (-4.8 y -5.5 °C.) y porque tienen propiedades para la elaboración del chuño y la tunta.

2.3.4. Sistemas de uso.

El departamento de La Libertad es un lugar donde se han originado procesos de utilización única, como la preparación del localmente llamado chuño por fermentación anaeróbica proceso que en la sierra de Ancash y Huánuco se conoce como tocosh (INIA & CIP, 2015).

Las variedades amargas de la papa se utilizan como chuño producto de la fermentación anaeróbica, en la costumbre local no se usan variedades de color oscuro para papa seca, ni para chuño, lo que en Chungay (Yauyos - Lima) se conoce comúnmente como chuño, en realidad es tocosh, el cual es un producto al que se le atribuye propiedades medicinales, así mismo el chuño se utiliza en diversas preparaciones: mazamorras, dulces o hervido, donde se prepara mediante un proceso de fermentación o pudrición; los agricultores colocan la papa en una poza de agua y esperan hasta que los tubérculos floten, luego de tres meses se les exprime y se le saca la cáscara (INIA & CIP, 2015).

2.4. CULTIVO *IN VITRO* DE TEJIDOS VEGETALES.

Pérez y Calva (2005), explican que el cultivo de células y tejidos vegetales se refiere al conjunto de técnicas usadas para hacer crecer células, tejidos u órganos vegetales *in vitro*, bajo condiciones asépticas, controladas y libres de microorganismos, el cual se basa en el principio de totipotencia, que indica que cualquier célula vegetal contiene una copia íntegra del material genético de la planta a la que pertenece sin importar su función o posición en ella, por lo tanto tiene el potencial para regenerar una nueva planta completa.

Ugarte et al. (2016), define al cultivo de tejidos vegetales como una herramienta de la biotecnología vegetal que aísla partes de una planta y las hace crecer en un medio de cultivo artificial *in vitro* en condiciones de asepsia para obtener metabolitos, tejidos, órganos o plantas completas, donde las plantas o partes de plantas estudiadas son cultivadas dentro de un recipiente de vidrio, el cultivo *in vitro* deriva del latín *in*: adentro, *vitro*: vidrio), es decir, en un frasco de vidrio, en una placa Petri, en un matraz Erlenmeyer, etc.

La expresión cultivo *in vitro* de plantas, significa cultivar plantas dentro de un frasco de vidrio en un ambiente artificial, donde esta forma de cultivar las plantas tiene dos características fundamentales: la asepsia (ausencia de gérmenes, etc.), y el control de los factores que afectan el crecimiento (Castillo, 2004).

2.4.1. Etapas de la micropropagación.

ETAPA 0: Selección del material vegetal o planta donadora.

Roca et al. (2003), citan que esta etapa corresponde a la selección del material vegetal de la planta madre o planta donadora y es uno de los factores claves para el éxito o fracaso del cultivo de una especie determinada, donde la planta madre debe estar saludable, fuera del estado de senescencia y libre de signos de enfermedad por patógenos, teniendo en cuenta que un tejido joven contiene una proporción más alta de células en división por lo que al iniciar en tejido desdiferenciado su tasa de crecimiento será mayor.

Se recomienda mantener la planta madre en condiciones de invernadero, controlando temperatura, humedad, condiciones sanitarias óptimas, y nutrientes necesarios para su desarrollo

adecuado, de preferencia se debe encontrar en estado juvenil ya que el material vegetal obtenido mantendrá las edad y características fisiológicas de la planta madre (Roca et al., 2003)

ETAPA 1: Establecimiento del cultivo aséptico.

Roca y Mroginski (1991), exponen que corresponde a la obtención de un cultivo aséptico del material vegetal seleccionado, para lo que se debe efectuar un proceso de desinfección sobre el explante y así evitar la presencia de microorganismos que contaminen el medio de cultivo y maten el explante en un periodo corto a causa de la competencia por los nutrientes del medio de cultivo.

Villarroel y Cadima (2016), manifiestan que los más comunes y menos nocivos, son los compuestos en base a cloro como el hipoclorito de sodio o de calcio, algunas gotas de detergente son comúnmente adicionadas a estas soluciones para mejorar el contacto de éstas con los tejidos, tales como el Tween 20 el más utilizado en concentraciones de 0,01 a 0,05% (v/v), detergentes de cocina son buenos substitutos; el etanol generalmente es utilizado a 70 y 80% (v/v), mayores concentraciones son menos eficientes y pueden deshidratar los tejidos, además de ser germicida, el etanol es surfactante y aplicado al inicio, facilita la acción de los otros productos, luego de la desinfección, le siguen tres a cinco lavados en agua estéril.

Roca y Mroginski (1991), manifiestan que cada especie de plantas requiere de protocolos de desinfección únicos y apropiados; de igual manera, la esterilización de los órganos o tejidos empleados como explante necesitaran diferentes métodos, concentraciones y tiempos de inmersión en las soluciones de agente químicos desinfectantes.

ETAPA 2: Inducción de brotes.

Seguido a la etapa de establecimiento del cultivo que incluye la fase de desinfección del material vegetal y la preparación del medio de cultivo, se procede a la etapa de inducción de brotes, luego se efectúa la introducción del material vegetal en condiciones de asepsia total en cámaras de flujo laminar para dar protección a la muestra de la especie de interés; con lo que se pretende reducir por completo la posibilidad de contaminación exógena hacia el explante o medio de cultivo (Roca y Mroginski, 1991)

La composición del medio de cultivo es fundamental, ya que de ella dependerá la respuesta del explante además, se debe tomar en cuenta que las plantas *in vitro* no son completamente autótrofas por lo que requieren de la adición de azúcar y otros componentes que estimulen su crecimiento para cada tipo de explante con el que se vaya a trabajar, existen muchas formulaciones de medios de cultivo: sin embargo, el más empleado es el medio Murashige y Skoog, principalmente si el objetivo es la regeneración de plantas (Pierik, 1990).

Cabe mencionar, que entre las principales diferencias de medio de cultivo están la utilización de componentes tales como hormonas que se encargan de estimular la diferenciación y proliferación celular, aquellos compuestos son de diferentes tipos: citoquininas, auxinas, giberelinas, brasinolidas, entre otros, que luego de realizada la siembra de los explantes en estos medios de cultivo, se mantienen los frascos sembrados en una sala de incubación donde serán monitoreados permanentemente para registrar la existencia de contaminación, si ello no se da los explantes permanecerán en dicha sala hasta que se produzca el crecimiento deseado o el explante requiera de un cambio de medio para la diferenciación del tejido (Roca y Mroginski, 1991).

ETAPA 3: Multiplicación de brotes.

Al conseguir la supervivencia del material vegetal a la etapa de desinfección y establecimiento, se espera que los explantes hayan originado brotes con hojas, el tejido que ya es *in vitro* puede ser nuevamente fragmentado y trasladado a un nuevo medio de cultivo en el cual su desarrollo continuara dando lugar a la formación de tejido desdiferenciado, callo o formación de brotes (Cubero, 2003).

Con ello, se obtiene subcultivos del material vegetal inicial o planta madre, que corresponderán a las plantas clones de dicha especie, los nuevos brotes se deben subcultivar periódicamente con la finalidad de obtener una mayor cantidad de plántulas o propágulos en cada división de la plántula; el número de plantas que se obtenga dependerá del tipo de especie vegetal, su genética, y de condiciones del medio de cultivo (Castillo, 2004).

ETAPA 4: Enraizamiento y elongación.

Para la fase de enraizamiento, los explantes multiplicados en la etapa de multiplicación *in vitro* son trasladados a un nuevo medio de cultivo que contiene concentraciones menores de sales

minerales, es así que, por ejemplo, el medio Murashige y Skoog es diluido a la mitad de su concentración, obteniendo medio MS al 50%, de igual forma, la concentración de reguladores de crecimiento como son las citoquininas se disminuye y las auxinas exógenas se aumentan; cabe mencionar que ciertas especies no requieren el empleo de medios de enraizamiento para la formación de sus sistemas radicales ya que la fase de multiplicación y enraizamiento transcurre simultáneamente; por lo que esta etapa depende directamente de la especie vegetal empleada (Roca y Mroginski, 1991).

“Es importante mencionar que ciertas especies de plantas no necesitan pasar por esta etapa ya que desarrollan raíces en el mismo medio de multiplicación; cualidad que se atribuye a la presencia de auxinas endógenas propias de la planta en investigación” (Castillo, 2004).

2.4.2. Ventajas y desventajas del cultivo *in vitro*.

Camarena et al. (2014), mencionan las ventajas y desventajas del cultivo *in vitro* son las siguientes:

Ventajas.

- ❖ Es el único método conocido actualmente para erradicar virus, viroides, fitoplasmas y otros patógenos a partir de material enfermo.
- ❖ Propagación clonal masiva de plantas libres de enfermedades en el corto tiempo.
- ❖ Mantiene el cultivo libre de plagas y enfermedades, por ser una técnica que requiere de mucha asepsia.
- ❖ Reduce costos de labores agronómicas en el mantenimiento de grandes colecciones de germoplasma en el campo.
- ❖ Los clones pueden ser propagados en cualquier época del año, mientras que, por métodos convencionales, depende de condiciones propicias (épocas de siembra etc.).
- ❖ Facilita el intercambio de material genético e introducción cuarentenaria.
- ❖ Reduce el riesgo de pérdidas genéticas, al evitar la mezcla de material por cruzamiento.
- ❖ Por medio de esta técnica es posible cultivar polen y anteras, mediante los cuales se producen plantas haploides, doble haploides.

- ❖ Cultivo y fusión de protoplastos para recombinar genes, para la obtención de nuevos genotipos. Igualmente, el cultivo de callos y cultivo de suspensión de células, facilitan la realización de trabajos para la obtención de plantas de constitución genética diferente.
- ❖ Permite realizar estudios de interacción hospedero-parásito y estudios de pruebas a estrés de salinidad y temperatura.
- ❖ Producción y extracción de productos químicos valiosos en mayor cantidad que de la planta crecida y cosechada en campo.

Desventajas.

- ❖ Requiere de personal especializado: biólogos, fisiólogos, fitomejoradores, fitopatólogos y biotecnólogos.
- ❖ Requiere de infraestructura y de equipamientos especiales.
- ❖ La adquisición de productos químicos es costosa y difícil especialmente en países en vías de desarrollo con pocos recursos económicos.
- ❖ Es difícil instalar laboratorios “*in vitro*” donde no existe fluido eléctrico o se presenten interrupciones periódicas de electricidad, porque se malogran los cultivos.

2.5. HORMONAS Y REGULADORES DE CRECIMIENTO.

Prieto et al., (2005), manifiestan que la mayoría de los cultivos de tejidos vegetales *in vitro* necesitan hormonas, las cuales se dividen en tres grupos: auxinas, citoquininas y giberelinas, existen otras dos biomoléculas muy importantes dentro de las hormonas: el etileno y el ácido abscísico, que, aunque son menos utilizados, juegan papeles importantísimos dentro del metabolismo del explante *in vitro*.

“Los reguladores de crecimiento se dividen en auxinas, citoquininas, giberelinas y retardantes e inhibidores del crecimiento, son naturales (hormonas) o sintéticas (reguladores de crecimiento)” (Sharry et al., 2015).

2.5.1. Auxinas.

Ugarte et al. (2016), manifiestan que son las primeras hormonas que se describieron, su estructura es un derivado del fenol o el indol, y tienen anillos aromáticos con dobles enlaces conjugados, todas las auxinas son ácidos; no se sabe el modo de acción, pero éste está relacionado directamente con su estructura, ya que si se modifica pierde su función.

Dentro del grupo de las auxinas se encuentran el ANA, AIB, 2,4-D y el AIA, esta última es sintetizada a partir de tejidos meristemáticos en la planta (Prieto et al., 2005).

Auxinas naturales.

Sharry et al. (2015), manifiestan que el Ácido indol acético (AIA) es la única auxina natural que se localiza en las zonas de crecimiento, siendo fotosensible, por lo que no es conveniente utilizarlo en cultivo en suspensión al ser una hormona natural, su desaparición del tejido es muy rápido ya que en las plantas se encuentran las enzimas oxidasas de la que hidrolizan a la hormona de manera que su efecto es suave y de poca duración.

Auxinas sintéticas.

Sharry et al. (2015), indican que entre las auxinas sintéticas se encuentran el Ácido naftalenacético (ANA), ácido 2,4 diclorofenoxiacético y Ácido indol butírico (AIB), que son esenciales en el cultivo de meristemas, en los procesos de morfogénesis directa e indirecta, en la inducción de embriogénesis somática, en el enraizamiento de microesquejes y actúan promoviendo el crecimiento de ápices caulinares.

“Entre las acciones fisiológicas promovidas por las auxinas en la micropropagación están: la inducción de callos, inducción de raíces, establecimiento de suspensión celular, metilación de la citocina, formación de frutos, etc.” (Fernández, 2000).

Efectos

Ugarte et al. (2016), manifiestan los siguientes efectos de las auxinas:

- ❖ Crecimiento: Estimulan la elongación celular en tallos y coleoptilos (tallos jóvenes), incrementan la extensibilidad de la pared celular y estimulan la diferenciación del xilema y el floema.
- ❖ Tropismos: Responsables del fototropismo y gravitropismo positivo de las raíces.
- ❖ Dominancia apical: la yema apical del tallo inhibe el crecimiento de yemas axilares cercanas.
- ❖ La aplicación del cultivo de tejidos en la multiplicación y conservación de los recursos fitogenéticos.
- ❖ Abscisión de órganos (hojas, flores y frutos): Posee un control genético y las auxinas retrasan la caída, aunque el etileno la induce.
- ❖ Rizogénesis: Estimulan la formación de raíces laterales o adventicias, inhiben la elongación de la raíz principal.

2.5.2. Citoquininas.

Sharry et al. (2015), indican que las Citoquininas son utilizadas para estimular la división celular, especialmente al combinarlas con auxinas, las cuales en altas concentraciones inducen la formación de brotes adventicios e inhiben la formación de raíces, promoviendo la multiplicación de tallos y proliferación de yemas laterales, a través de la disminución de la dominancia apical, retardar el proceso de envejecimiento celular e influyen en el transporte de auxinas, aunque algunos tipos de tejidos requieren esencialmente Citoquininas para el fenómeno de la organogénesis, éstas no son esenciales.

Citoquininas naturales.

Sharry et al. (2015), manifiestan que dentro de las Citoquininas naturales se encuentra la Zeatina, que se extrae del endospermo del maíz, y 6 isopentanol adenina (2IP), aislada de *Clostridium tumefaciens*, ésta produce un sobre crecimiento de los tejidos.

Citoquininas sintéticas.

Sharry et al. (2015), mencionan que las citoquininas sintéticas son: 6-benciladenina (6 BAP) o también conocida como bencilaminopurina (BAP); la kinetina (KIN) también conocida como

6- furfurylaminopurina (FAP) y fue la primera Citoquinina identificada producida de síntesis por la degradación térmica del ADN.

Efectos

Ugarte et al. (2016), manifiestan los siguientes efectos de las citoquininas:

- ❖ Crecimiento: En conjunto con las auxinas, las citoquininas estimulan la proliferación de células meristemáticas, y también estimulan la expansión de los cotiledones tras el primer haz de luz que reciben.
- ❖ Dominancia lateral: Estimulan el crecimiento de yemas laterales inhibiendo la apical (contrario a las auxinas, por lo que deben estar en equilibrio).
- ❖ Diferenciación y morfogénesis: Provocan cambios en la morfología según el tipo de crecimiento. Junto a las auxinas estimulan la formación de raíces y tallos.
- ❖ Senescencia: Son anti-senescentes.

2.5.3. Giberelinas.

Sharry et al. (2015), exponen que las giberelinas se encuentran naturalmente en las plantas y produce un alargamiento de las células, elongación de los entrenudos y el crecimiento meristemático, inducen la ruptura de dormancia de embriones aislados o semillas e inhiben la formación de tallos y raíces adventicias, siendo el Ácido giberélico (AG₃) el más utilizado en propagación *in vitro*.

Efectos

Ugarte et al. (2016), manifiestan los siguientes efectos de las citoquininas:

- ❖ Estimulan el crecimiento de los tallos (elongación) e hipocótilos. Tienen un papel mayor que las auxinas en plantas con crecimiento de entrenudos. En la reproducción estimulan la floración, sobre todo en aquellas plantas con floración por factores ambientales o floración del día largo como las coníferas, no son universales, en algunas especies puede inhibir la floración (angiospermas leñosas y frutales), producen partenocarpia (reproducción sin fecundación donde el fruto se genera sin semillas). Tienden a producir plantas masculinas

en especies dioicas. Provocan la reversión a fases juveniles de la planta. Pueden suplir los fotoperíodos y los termoperíodos necesarios para el crecimiento.

- ❖ La germinación es su principal efecto, casi todas las semillas germinan inducidas por AG₃.
- ❖ Posibilitan la movilización de reservas en la semilla.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”.

Periodo de ejecución: 26 de Julio del 2018 al 26 de marzo del 2019.

3.1.1. Ubicación política.

Departamento : Ancash

Provincia : Huaraz

Distrito : Independencia – Shancayan.

3.1.2. Ubicación geográfica.

Latitud: 09°39'46''

Longitud: 71°17'48''

Altitud: 3100 m.s.n.m.

3.2. MATERIALES.

3.2.1. Material biológico.

- ❖ Yemas axilares de papa amarga “ancu” *Solanum* sp.

3.2.2. Medio de cultivo.

- ❖ Murashige & Skoog.
- ❖ Reguladores de crecimiento Bencilaminopurina (BAP), ácido giberélico (AG₃) y ácido indol acético (AIA).
- ❖ Phytigel.
- ❖ Sacarosa.
- ❖ Agua destilada.

3.2.3. Material de desinfección.

- ❖ Alcohol
- ❖ Hipoclorito de sodio (NaClO).
- ❖ Jabón de barra.

3.2.4. Equipos e instrumentos.

- ❖ Autoclave.
- ❖ pH-metro.
- ❖ Balanza digital.
- ❖ Agitador magnético.
- ❖ Cámara de flujo laminar.
- ❖ Destilador de agua.
- ❖ Micropipeta manual.
- ❖ Vaso de precipitado viker.
- ❖ Probeta.
- ❖ Placas de Petri.
- ❖ Tubos de ensayo.
- ❖ Frascos de vidrio.
- ❖ Pinzas.
- ❖ Tijeras.
- ❖ Bisturí.
- ❖ Mechero de alcohol.
- ❖ Cocinilla eléctrica.
- ❖ Algodón.
- ❖ Papel toalla.

3.3. MÉTODOS.

3.3.1. Diseño experimental.

El diseño experimental empleado para la desinfección, longitud de tallo, número de nudos y raíces fue el Diseño Completamente al Azar (DCA).

3.3.2. Procesamiento estadístico de datos.

El análisis estadístico para la desinfección, longitud de tallo nudos, número y longitud de raíz se realizó con el análisis de varianza (ANVA), además se utilizó las comparaciones múltiples de Duncan ($p < 0.05$).

Análisis de varianza (ANVA)

| FV | GL | SC | CM | F |
|--------------------|--------------------|-----------|--------------------|--------------------|
| Tratamientos | t - 1 | SC(Trat) | SC(Trat)/GL(trat) | CM(Trat)/CM(Error) |
| Error Experimental | (t - 1) (b - 1) | SC(Error) | SC(Error)/GL/Error | |
| Total | tb - 1 | SC(Total) | | |

Modelo aditivo lineal.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Valor observado en la unidad experimental

μ : Efecto de la media general

τ_i : Efecto del i-esimo tratamiento

ε_{ij} : Efecto del error experimental

3.3.3. Descripción de los tratamientos.

Tabla 1: Tratamiento para la desinfección de los explantes de la papa amarga “ancu” *Solanum* sp. con diversas concentraciones de NaClO.

| Tratamiento | NaClO (%) |
|----------------|-----------|
| D ₁ | 0,50 |
| D ₂ | 0,75 |
| D ₃ | 1,00 |

Tabla 2: Concentraciones de BAP y AG₃ para número de nudos y longitud de tallo de la papa amarga “ancu” *Solanum* sp.

| TRATAMIENTO | BAP ppm | AG₃ ppm |
|--------------------|----------------|---------------------------|
| T ₀ | - | - |
| T ₁ | 0,5 | - |
| T ₂ | 1,0 | - |
| T ₃ | 1,5 | - |
| T ₄ | 2,0 | - |
| T ₅ | - | 0,5 |
| T ₆ | - | 1,0 |
| T ₇ | - | 1,5 |
| T ₈ | - | 2,0 |

Tabla 3: Mejor concentración de BAP en combinación con diversas concentraciones de AG₃ para el número de nudos y longitud de tallo de la papa amarga “ancu” *Solanum* sp.

| TRATAMIENTO | BAP ppm | AG₃ ppm |
|--------------------|----------------|---------------------------|
| T ₀ | BAP* | 0,0 |
| T ₁ | BAP* | 0,5 |
| T ₂ | BAP* | 1,0 |
| T ₃ | BAP* | 1,5 |
| T ₄ | BAP* | 2,0 |

*Se eligió el mejor BAP (1,5 ppm) de la tabla 2 para combinar con las diferentes concentraciones de AG₃.

Tabla 4: Tratamiento para el enraizamiento de la papa amarga “ancu” *Solanum* sp. a diversas concentraciones de AIA.

| TRATAMIENTO | AIA ppm |
|--------------------|----------------|
| R ₀ | 0,0 |
| R ₁ | 0,5 |
| R ₂ | 1,0 |
| R ₃ | 1,5 |
| R ₄ | 2,0 |

3.3.4. Parámetros de evaluación.

- a. Longitud de tallo.** Se realizaron 4 evaluaciones con periodos de 7 días, haciendo uso de una regla de 30 cm, midiendo a partir del cuello de la planta.
- b. Número de nudos.** Se realizaron 4 evaluaciones con periodos de 7 días se contaron los nudos de manera visual.
- c. Número de raíces.** Se efectuó 3 evaluaciones cada 7 días, se marcó cada raíz para evitar la confusión en las siguientes evaluaciones.
- d. Longitud de raíz.** Haciendo uso de una regla se midió la raíz principal, las evaluaciones se realizaron cada 7 días con un total de tres evaluaciones.

3.4. PROCEDIMIENTO.

3.4.1. Selección y colecta del material vegetal.

El material vegetal con el que se trabajó fue colectado del invernadero de la Facultad de Ciencias Agraria de la Escuela Profesional de Agronomía y multiplicado en el Laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias.

Las muestras fueron seleccionadas de acuerdo a las características fenotípicas de la planta donadora, es decir aquellas con un desarrollo vigoroso, con mayor número de hojas, yemas y características fitosanitarias adecuadas.

Se cortaron segmentos nodales de aproximadamente 3 a 4 cm de longitud provistas de yemas axilares, luego fueron colocadas dentro de un frasco con agua, posteriormente se trasladó al Laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNASAM para iniciar el proceso de desinfección.

3.4.2. Fase de establecimiento.

Medio de cultivo para el establecimiento.

El medio de cultivo utilizado para la fase de establecimiento de las yemas axilares fue el Murashige y Skoog (MS) a sales completas, suplementado con sacarosa al 3%, Phytigel como gelificante al 0,3% y pH 5,67; el medio se autoclavó a 121°C por 15 minutos a 1,5 atm. Este mismo medio fue utilizado para obtener explantos para las diversas pruebas.

Desinfección del material vegetal.

La desinfección de la superficie de los segmentos nodales; se realizó con jabón al 1% (10g /L de agua), por tres veces en agitación continua (3000 rpm) por un periodo de 10 minutos, luego de cada desinfección con detergente se realizó el lavado con agua corriente de caño.

Luego los explantes en cámara de flujo fueron sumergidos en alcohol al 70% durante 30 segundos, en seguida se enjuagó con agua destilada estéril. A continuación, se adicionó hipoclorito de sodio (NaClO) en diferentes concentraciones (0,50%, 0,75%, 1%) durante 10 minutos. Finalmente, se realizaron tres lavados sucesivos con agua destilada esteril con periodos de 3 minutos cada uno.

Los explantes desinfectados se mantuvieron en agua destilada esteril hasta el momento de su disección para la siembra en el medio de cultivo. Los segmentos nodales se cortaron de aproximadamente 1 cm, en seguida se realizó la siembra en el medio de cultivo, se efectuaron 50 repeticiones por cada tratamiento, donde la unidad experimental fue un explanto por frasco.

A los 28 días, mediante la observación se determinó si un explante y el medio de cultivo presentaba contaminación microbiana, lo cual se contabilizó para determinar el porcentaje de supervivencia.

Tabla 5: Concentraciones de NaClO para la desinfección de los explantes de papa “ancu” *Solanum* sp.

| Tratamiento | NaClO (%) | Tiempo (min) |
|--------------------|------------------|---------------------|
| D ₁ | 0.50 | 10 |
| D ₂ | 0.75 | 10 |
| D ₃ | 1 | 10 |

3.4.3. Fase de multiplicación.

Medio de cultivo para multiplicación suplementado con BAP y AG₃.

En esta etapa el medio de cultivo que se empleó fue el de Murashige y Skoog (MS) a sales completas, sacarosa al 3%, Phytigel 0,3% suplementado con bencilaminopurina (BAP) a concentraciones de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ppm y AG₃ en concentraciones de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ppm, el pH fue regulado a 5,67 luego de la adición de los reguladores de crecimiento, el medio se esterilizó a 121°C por 15 minutos a 1,5 atm.

Para esta etapa se empleó 8 tratamientos más un testigo, con 20 repeticiones cada una, teniendo como unidad experimental una yema axilar por tubo de ensayo.

En esta fase de multiplicación se utilizó las plantas obtenidas *in vitro* de la etapa de establecimiento, para ello se escindió los segmentos nodales a un aproximado de 1,0 cm de longitud, se sembró un segmento nodal en cada tubo de ensayo que contenía 5 ml de medio de cultivo, posteriormente se incubaron a 20°C. No se utilizaron las yemas apicales.

Se realizaron 4 evaluaciones con periodos de 7 días cada uno, se tomaron datos de longitud de tallo y número de nudos.

Medio de cultivo suplementado con mejor BAP y AG₃ a diferentes concentraciones.

A partir del análisis estadístico de los resultados se determinó el mejor tratamiento de BAP (1.5 ppm) de la fase anterior, para esta etapa el medio de cultivo que se empleó fue el de Murashige y Skoog (MS) a sales completas, con sacarosa al 3%, Phytigel 0,3% suplementado con

bencilaminopurina (BAP) en concentración a 1.5 ppm en combinaciones con AG₃ en concentraciones de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ppm, el pH fue regulado a 5,67 luego de la adición de los reguladores de crecimiento. Para esta etapa se empleó 20 repeticiones por tratamiento incluido el testigo, se vertió 5 ml de medio de cultivo en tubos de ensayo, el medio se esterilizó a 121°C por 15 minutos a 1,5 atm.

Para esta prueba se emplearon plantas de la fase de establecimiento que se fueron multiplicando progresivamente, se escindieron los segmentos nodales a 1 cm de longitud aproximadamente, la yema apical no fue utilizado para esta etapa. Se sembró un segmento nodal por cada tubo de ensayo, posteriormente se llevó al área de incubación a una temperatura de 20°C.

Las evaluaciones se realizaron cada 7 días por un periodo de 28 días, se tomaron datos de longitud de tallo y número de nudos.

3.4.4. Fase de enraizamiento.

El medio de cultivo empleado para esta etapa consistió en sales de Murashige y Skoog (MS) a la mitad de sales, sacarosa al 3%, Phytigel 0.3%, suplementado con ácido indol acético (AIA) a concentraciones de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ppm el pH se reguló a 5,67 luego de la adición de la hormona, a continuación, se vertió 20 ml de medio de cultivo a magentas de vidrio de 5,5 cm de diámetro, se esterilizó a 121°C por 15 minutos a 1,5 atm, donde los explantes fueron sembrados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1. RESULTADOS.

Tabla 6: Análisis de varianza para el grado de desinfección de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. respecto a las concentraciones de NaClO.

| Fuentes de Variación | GL | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F |
|----------------------|-----|-------------------|------------------|-------|
| Tratamiento | 2 | 0.929 | 0.465 | 30.5* |
| Error exp. | 297 | 4.50 | 0.0152 | |
| TOTAL | 299 | 5.429 | | |

En la tabla 6 el análisis de varianza (ANOVA), que existe diferencias estadísticas entre los tratamientos respecto a las diferentes concentraciones de NaClO.

Tabla 7: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para explantes de *Solanum* sp. respecto a las concentraciones de NaClO.

| Tratamiento NaClO | Número de explantes |
|---------------------------------------|---------------------|
| Muertos D ₃ (1,0%) | 3 d |
| Muertos D ₂ (0,75%) | 3 d |
| Muertos D ₁ (0,5%) | 4 d |
| Contaminados D ₃ (1,0%) | 6 c |
| Contaminados D ₂ (0,75%) | 11 c |
| Contaminados D ₁ (0,5%) | 12 c |
| Sobrevivientes D ₁ (0,5%) | 91 b |
| Sobrevivientes D ₂ (0,75%) | 86 b |
| Sobrevivientes D ₃ (1,0%) | 84 a |

En la tabla 7 se observa que al realizar la prueba de Duncan para sobrevivencia de explantes indica que el D₃ (1,0 % NaClO) que existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos D₁ y D₂, sin embargo, no existe diferencias estadísticas entre los tratamientos D₁ y D₂. Respecto a explantes contaminados no existe diferencias estadísticas entre los tratamientos D₁, D₂ y D₃. Así mismo para explantes muertos indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos D₁, D₂ y D₃

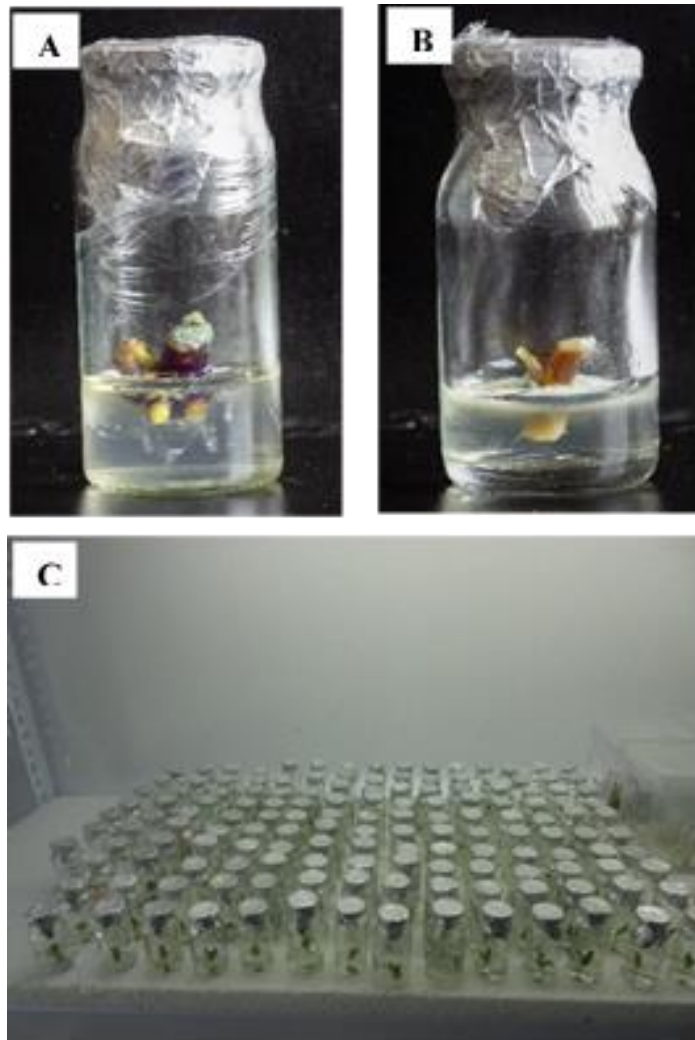


Figura 1. Explantes de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. A) Explante afectados por agentes contaminantes, B) Explante muerto, C) Establecimiento *in vitro* incubados a 20°C.

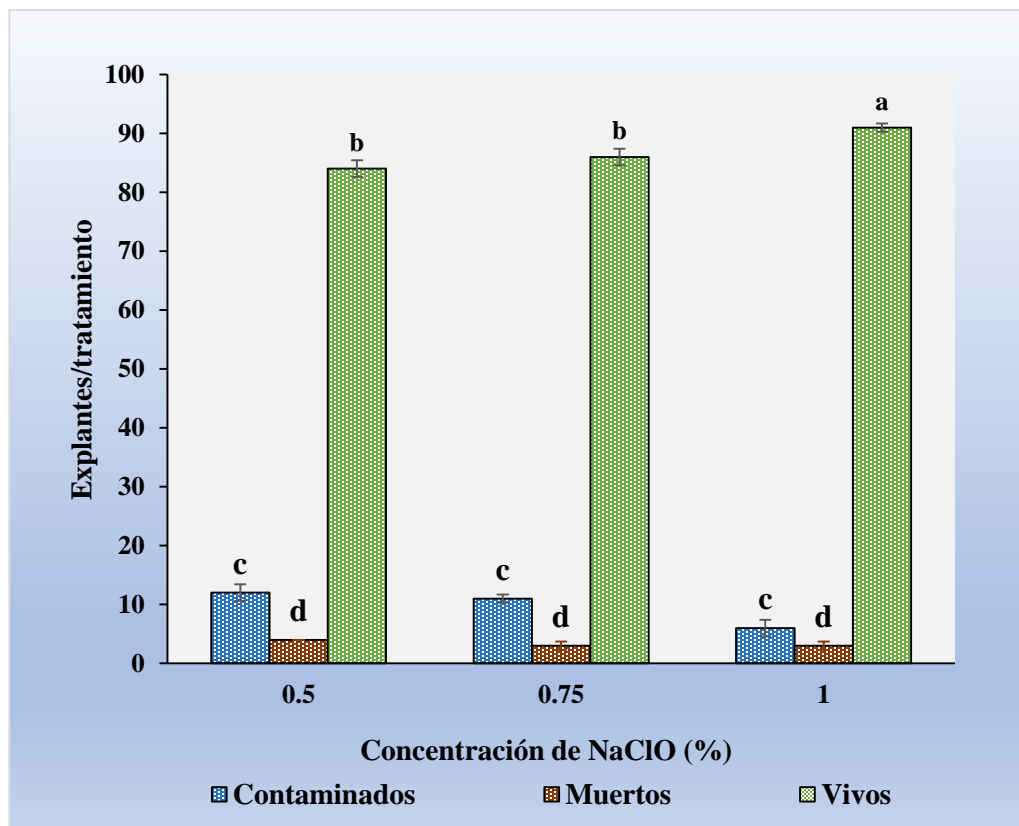


Figura 2. Efecto de diversas concentraciones de NaClO % en la desinfección superficial de papa amarga “ancu” *Solanum* sp.

En la figura 2 se observa la sobrevivencia de 91 explantes en el tratamiento D₃ (1% de NaClO), el mayor número de explantes contaminados se obtuvo en los tratamientos D₁ (0,5% de NaClO) con 12 de explantes y 11 explantes contaminados en el tratamiento D₂ (0,75% de NaClO), mientras que en el tratamiento D₃ (1% de NaClO) se encontró 6 explantes contaminados; los explantes contaminados mostraron una coloración blanquecina en la zona de la disección del segmento nodal, estos signos se manifestaron a los 5 días luego del establecimiento. Por otro lado se encontró 4 explantes muertos en D₁ (0,5% de NaClO), en D₂ (0,75% de NaClO) y D₃ (1% de NaClO) 3 explantes muertos respectivamente.

Tabla 8: Análisis de varianza para el número de nudos de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. respecto a las concentraciones de BAP.

| Fuentes de variación | GL | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F |
|----------------------|-----|-------------------|------------------|--------|
| Tratamiento | 4 | 1.336 | 0.334 | 2.991* |
| Error exp. | 395 | 44.106 | 0.112 | |
| TOTAL | 399 | 45.442 | | |

En la tabla 8 el análisis de varianza, muestra que existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con diversas concentraciones de BAP, indicando que al menos la media de número de nudos de uno de los tratamientos es diferente. El coeficiente de variabilidad es de 16,73%.

Tabla 9: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para el número de nudos de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. a los 7, 14, 21 y 28 días.

| Evaluaciones | Tratamientos ppm BAP | Promedio de número de nudos |
|------------------|----------------------|-----------------------------|
| A 7 DÍAS | T ₀ (0,0) | 1 (1) a |
| | T ₁ (0,5) | 1 (1) a |
| | T ₂ (1,0) | 1 (1) a |
| | T ₃ (1,5) | 1 (1) a |
| | T ₄ (2,0) | 1 (1,) a |
| A 14 DÍAS | T ₄ (2,0) | 2 (2) b |
| | T ₀ (0,0) | 2 (2) b |
| | T ₃ (1,5) | 2 (2) ab |
| | T ₁ (0,5) | 2 (2) ab |
| | T ₂ (1,0) | 2 (2) a |
| A 21 DÍAS | T ₀ (0,0) | 2 (3) b |
| | T ₁ (0,5) | 2 (3) ab |
| | T ₄ (2,0) | 2 (3) ab |
| | T ₃ (1,5) | 2 (3) ab |
| | T ₂ (1,0) | 2 (4) a |
| A 28 DÍAS | T ₀ (0,0) | 2 (3) b |
| | T ₁ (0,5) | 2 (4) ab |
| | T ₄ (2,0) | 2 (4) ab |
| | T ₂ (1,0) | 2 (4) ab |
| | T ₃ (1,5) | 2 (4) a |

Medias con la misma letra no son estadísticamente significativas.

() Datos sin corregir.

La prueba de comparaciones múltiples de Duncan, para el número de nudos de *Solanum* sp. muestra que no hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T₀, T₁, T₂, T₃ y T₄ en el día 7. El tratamiento T₂ (1,0 ppm de BAP) difiere significativamente respecto a los tratamientos T₀, T₁, T₃ y T₄ a los 14 y 21 días, el testigo T₀ (testigo) a los 28 días indica que difiere significativamente entre T₁, T₂, T₃ y T₄, así mismo el tratamiento T₃ (1,5 de ppm de BAP) presenta diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T₀, T₁, T₂ y T₄ en el día 28; sin embargo, no existe diferencias estadísticas entre los tratamientos T₁, T₂ y T₄ en el día 28.

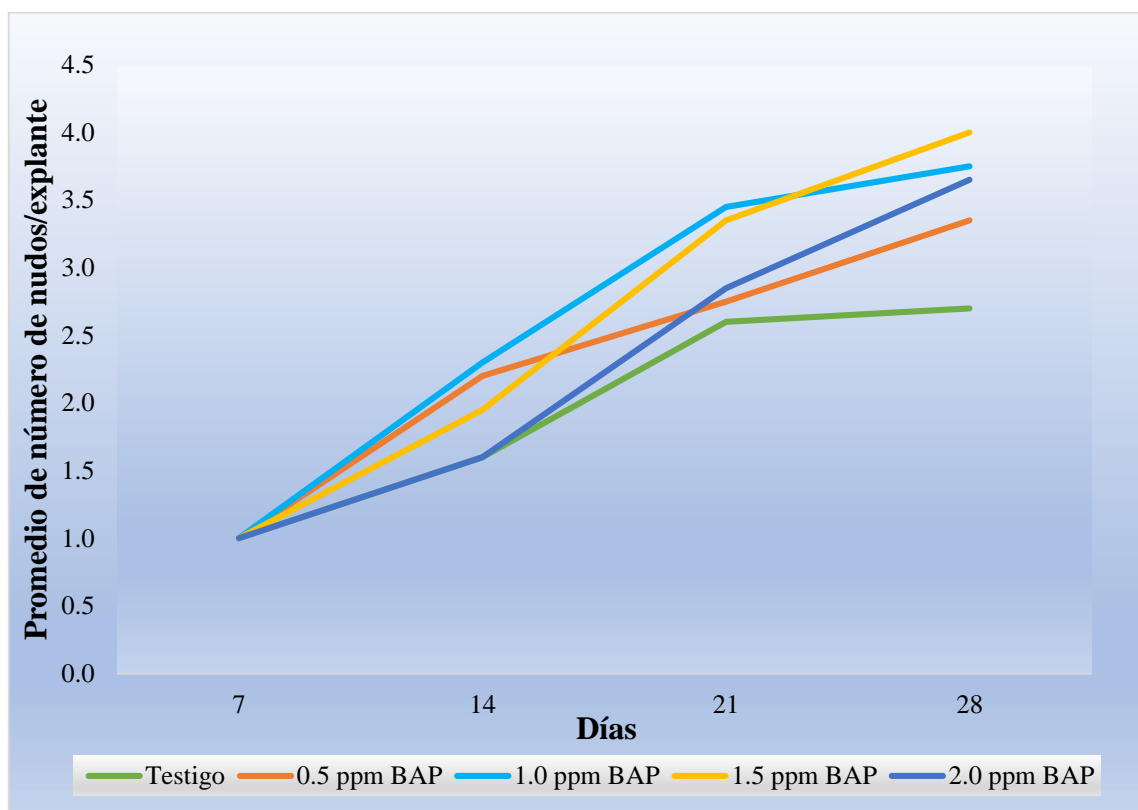


Figura 3. Efecto de diversas concentraciones de BAP con medio MS en la formación de número de nudos a partir de segmentos nodales de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. a los 7, 14, 21 y 28 días.

En la figura 3 se observa como el mejor tratamiento al T₃ (1,5 ppm BAP) con 4 nudos promedio/explante, la diferencia estadística se manifestó a los 28 días; en tanto que tratamientos con concentraciones superiores e inferiores a (1,5 ppm BAP), presentaron menor número de nudos respectivamente, siendo el testigo (T₀) con menor número de nudos alcanzando 3 nudos promedio/explante.

Tabla 10: Análisis de varianza para longitud de tallo de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. respecto a las concentraciones de BAP.

| Fuentes de variación | GL | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F |
|----------------------|-----|-------------------|------------------|---------|
| Tratamiento | 4 | 50.663 | 12.666 | 4.094 * |
| Error exp. | 371 | 1147.793 | 3.094 | |
| TOTAL | 375 | 1198.456 | | |

En la tabla 10 el análisis de varianza, muestra que existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, lo que indica que al menos la media de longitud de tallo de uno de los tratamientos con Bencilaminopurina es diferente. El coeficiente de variabilidad es de 7,18%.

Tabla 11: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para longitud de tallo de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. a los 7, 14, 21 y 28 días.

| Evaluaciones | Tratamientos ppm BAP | Promedio de longitud de tallo (mm) |
|------------------|----------------------|------------------------------------|
| A 7 DÍAS | T ₄ (2,0) | 2,1 (3,3) b |
| | T ₂ (1,0) | 2,3 (4,0) ab |
| | T ₀ (0,0) | 2,3 (3,1) ab |
| | T ₃ (1,5) | 2,3 (4,3) ab |
| | T ₁ (0,5) | 2,6 (6,2) a |
| A 14 DÍAS | T ₄ (2,0) | 4,1 (16,4) c |
| | T ₃ (1,5) | 4,3 (17,3) bc |
| | T ₀ (0,0) | 4,6 (19,8) bc |
| | T ₂ (1,0) | 4,8 (22,5) b |
| | T ₁ (0,5) | 5,4 (29,4) a |
| A 21 DÍAS | T ₄ (2,0) | 5,3 (27,1) c |
| | T ₃ (1,5) | 5,4 (27,1) bc |
| | T ₂ (1,0) | 5,9 (34,0) ab |
| | T ₀ (0,0) | 6,3 (37,2) b |
| | T ₁ (0,5) | 6,5 (41,8) a |
| A 28 DÍAS | T ₃ (1,5) | 5,9 (32,6) c |
| | T ₄ (2,0) | 6,0 (35,6) bc |
| | T ₂ (1,0) | 6,2 (37,6) bc |
| | T ₁ (0,5) | 6,6 (44,2) ab |
| | T ₀ (0,0) | 7,0 (46,2) a |

Medias con la misma letra no son estadísticamente significativas.

() Datos sin corregir.

La prueba de comparaciones múltiples de Duncan, para longitud de tallo indica en el día 28 el T₀ (testigo) presenta diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄. Así mismo no existe diferencias estadísticas entre los tratamientos T₁ y T₂ a los 28 días. El tratamiento T₃ indica que existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T₀, T₁, T₂ y T₄ a los 28 días.

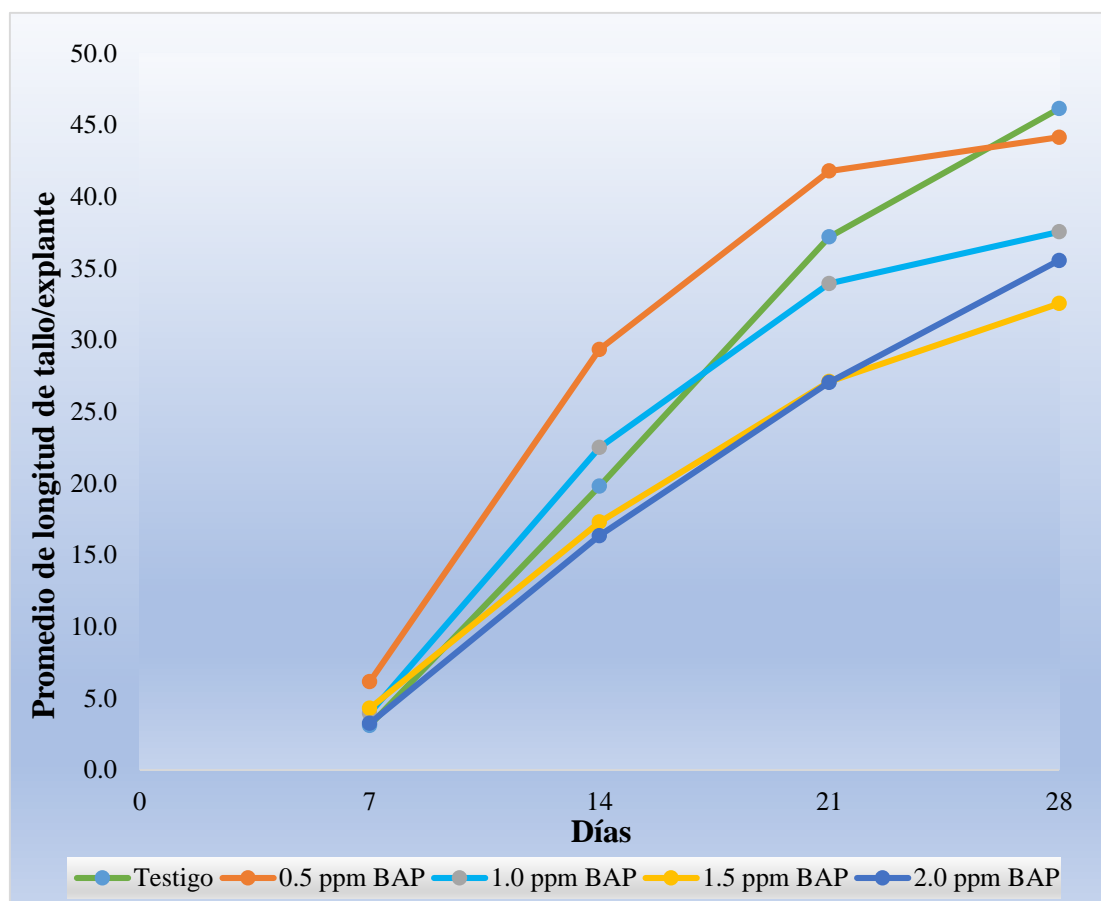


Figura 4. Efecto de diversas concentraciones de BAP con medio MS en la elongación de tallos a partir de segmentos nodales de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. a los 7, 14, 21 y 28 días.

En la figura 6 se observa como el mejor tratamiento el T₀ (MS sin reguladores de crecimiento) con un promedio 46,2 mm de longitud de tallo, la diferencia estadística se manifestó a los 28 días luego de la siembra, mientras que en el tratamiento T₃ (1,5 ppm BAP) presentó un promedio de 32,6 mm de longitud de tallo, siendo el de menor longitud entre todos los tratamientos.

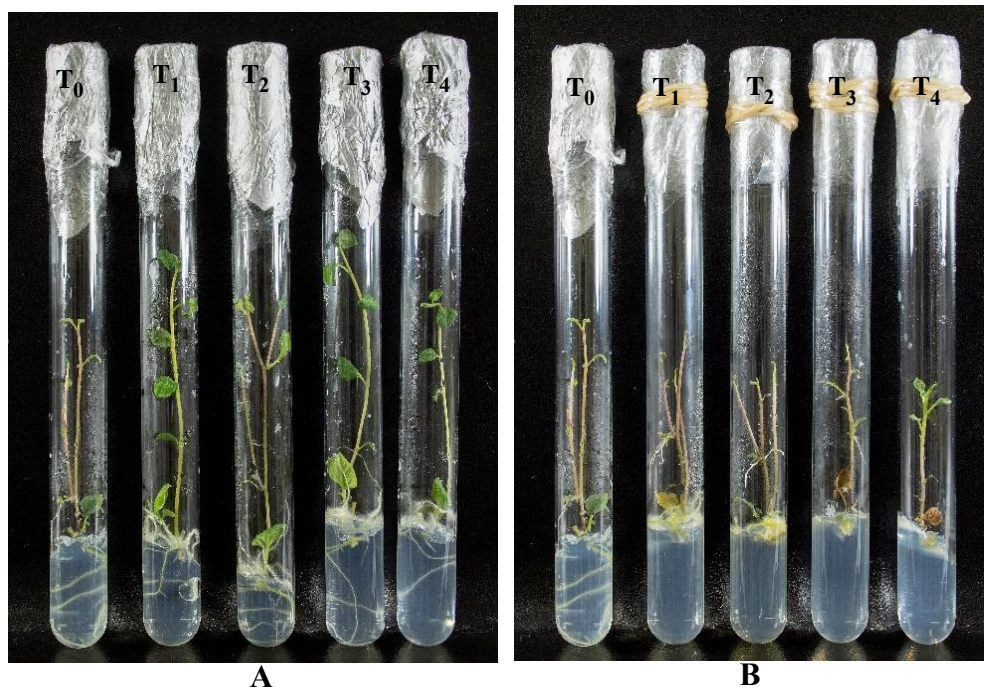


Figura 5. Plántulas de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. a los 28 días después de la siembra. A) Plántulas en medio MS suplementado con diferentes concentraciones de AG₃. B) Plántulas en medio MS suplementado con diferentes concentraciones de BAP.

Tabla 12: Análisis de varianza para el número de nudos de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. respecto a las concentraciones de AG₃.

| Fuentes de variación | GL | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F |
|----------------------|-----|-------------------|------------------|---------|
| Tratamiento | 4 | 2.083 | 0.521 | 6.539 * |
| Error exp. | 395 | 31.453 | 0.080 | |
| TOTAL | 399 | 33.536 | | |

En la tabla 12 el análisis de varianza (ANVA), se observa que existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, lo cual indica que al menos la media de uno de los tratamientos con AG₃ es diferente. El coeficiente de variabilidad es de 1,14%.

Tabla 13: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para el número de nudos de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. a los 7, 14, 21 y 28 días.

| Evaluaciones | Tratamientos ppm AG3 | Promedio de número de nudos |
|---------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| A 7 DÍAS | T ₀ (0,0) | 1,0 (1) b |
| | T ₇ (1,5) | 1,0 (1) b |
| | T ₈ (2,0) | 1,0 (1) b |
| | T ₆ (1,0) | 1,0 (1) ab |
| | T ₅ (0,5) | 1,0 (1) a |
| A 14 DÍAS | T ₇ (1,5) | 1,0 (1) b |
| | T ₈ (2,0) | 2,0 (2) ab |
| | T ₀ (0,0) | 2,0 (2) ab |
| | T ₆ (1,0) | 2,0 (2) ab |
| | T ₅ (0,5) | 2,0 (2) a |
| A 21 DÍAS | T ₈ (2,0) | 2,0 (2) d |
| | T ₇ (1,5) | 2,0 (2) cd |
| | T ₆ (1,0) | 2,0 (2) bc |
| | T ₀ (0,0) | 2,0 (3) ab |
| | T ₅ (0,5) | 2,0 (3) a |
| A 28 DÍAS | T ₈ (2,0) | 2,0 (3) c |
| | T ₇ (1,5) | 2,0 (3) bc |
| | T ₆ (1,0) | 2,0 (3) bc |
| | T ₀ (0,0) | 2,0 (3) ab |
| | T ₅ (0,5) | 2,0 (4) a |

Medias con la misma letra no son estadísticamente significativas.

() Datos sin corregir.

La prueba de comparaciones múltiples de Duncan indica que el tratamiento T₅ (0.5 ppm AG₃) muestra diferencias estadísticas significativas con los tratamientos T₀, T₆, T₇ y T₈ en los días 7, 14, 21 y 28.

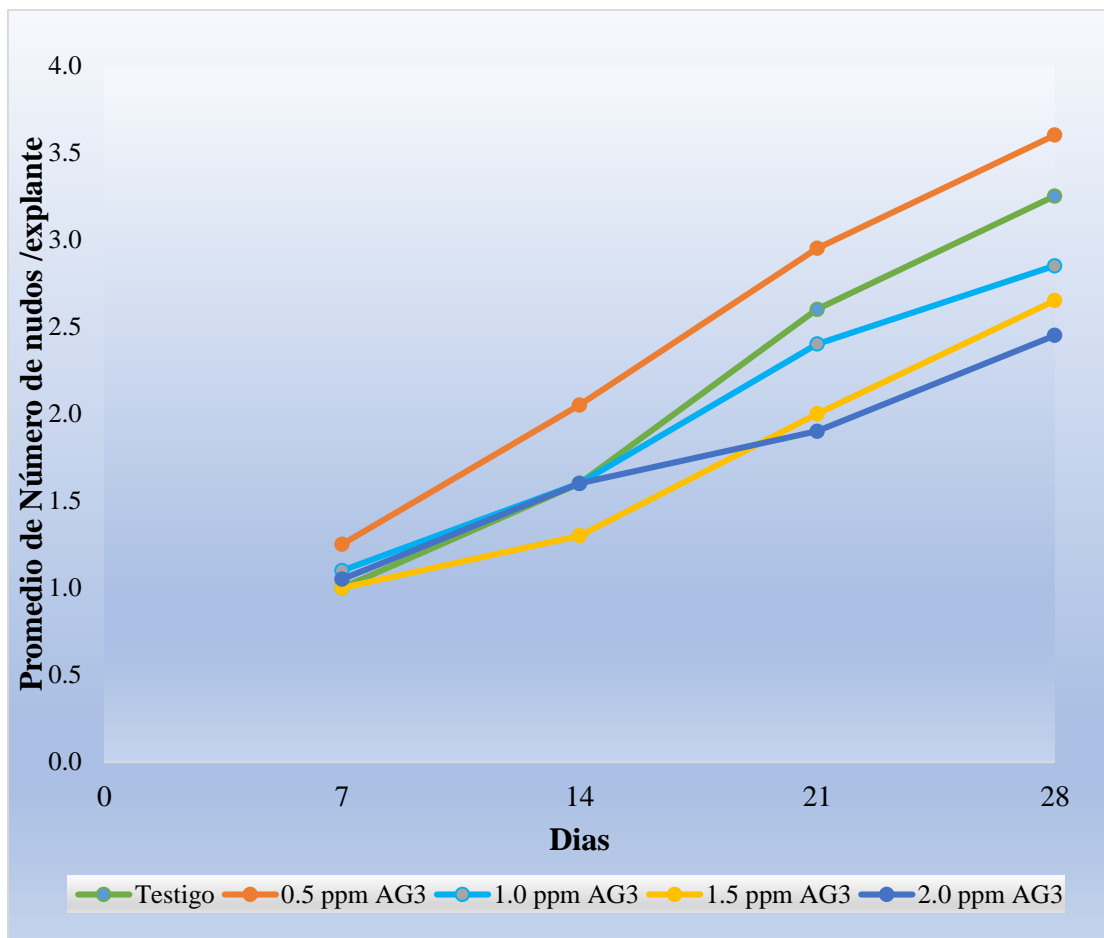


Figura 6. Efecto de diversas concentraciones de AG₃ con medio MS en la formación de número de nudos a partir de segmentos nodales de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. a los 7, 14, 21 y 28 días.

El tratamiento en el que se cuantificó los valores más altos de número de nudos fue en el tratamiento T₅ (0,5 ppm de AG₃) con un promedio de 4 nudos /explante siendo el mejor tratamiento, seguido tratamiento T₀ (testigo) con un promedio 4 nudos/explante, mientras que concentraciones de 1,0; 1,5 y 2,0 ppm de AG₃, presentaron un promedio 3 nudos/explante, siendo inferiores al tratamiento T₅ (0,5 ppm de AG₃).

Tabla 14: Análisis de varianza para longitud de tallo de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. respecto a las concentraciones de AG₃.

| Fuentes de variación | GL | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F |
|----------------------|-----|-------------------|------------------|---------|
| Tratamiento | 4 | 63.053 | 15.763 | 4.070 * |
| Error exp. | 373 | 1444.503 | 3.873 | |
| TOTAL | 377 | 1507.556 | | |

En la tabla 14 el análisis de varianza, revela que existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, lo cual indica que al menos la media de longitud de tallo de uno de los tratamientos es diferente. El coeficiente de variabilidad es de 5,26%.

Tabla 15: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para longitud de tallo de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. a los 7, 14, 21 y 28 días.

| Evaluaciones | Tratamientos ppm AG ₃ | Promedio de longitud de tallo (mm) |
|------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| A 7 DÍAS | T ₀ (0,0) | 2,3 (3,1) c |
| | T ₇ (1,5) | 2,7 (6,9) bc |
| | T ₅ (0,5) | 3,3 (11,0) ab |
| | T ₈ (2,0) | 3,5 (10,3) ab |
| | T ₆ (1,0) | 3,8 (15,1) a |
| A 14 DÍAS | T ₀ (0,0) | 4,6 (19,8) b |
| | T ₈ (2,0) | 6,2 (36,6) ab |
| | T ₇ (1,5) | 6,3 (38,7) ab |
| | T ₅ (0,5) | 6,3 (39,8) ab |
| | T ₆ (1,0) | 6,8 (46,0) a |
| A 21 DÍAS | T ₀ (0,0) | 6,3 (37,2) b |
| | T ₇ (1,5) | 7,1 (49,6) ab |
| | T ₈ (2,0) | 7,1 (47,4) ab |
| | T ₅ (0,5) | 7,2 (51,4) ab |
| | T ₆ (1,0) | 7,6 (57,3) a |
| A 28 DÍAS | T ₀ (0,0) | 7,0 (46,2) b |
| | T ₈ (2,0) | 7,4 (51,9) ab |
| | T ₅ (0,5) | 7,5 (56,4) ab |
| | T ₇ (1,5) | 7,7 (59,0) ab |
| | T ₆ (1,0) | 8,0 (64,1) a |

Medias con la misma letra no son estadísticamente significativas.

() Datos sin corregir.

La prueba de comparaciones múltiples de Duncan, para longitud de tallo indica que el T₀ (testigo) presenta diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T₅, T₆, T₇ y T₈ en los días 7, 14, 21 y 28. Así mismo no existe diferencias estadísticas entre los tratamientos T₅, T₇ y T₈ en los días 14, 21 y 28. El tratamiento T₆ (1,0 de ppm de AG₃) indica que existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T₀, T₅, T₇ y T₈ en las cuatro evaluaciones.

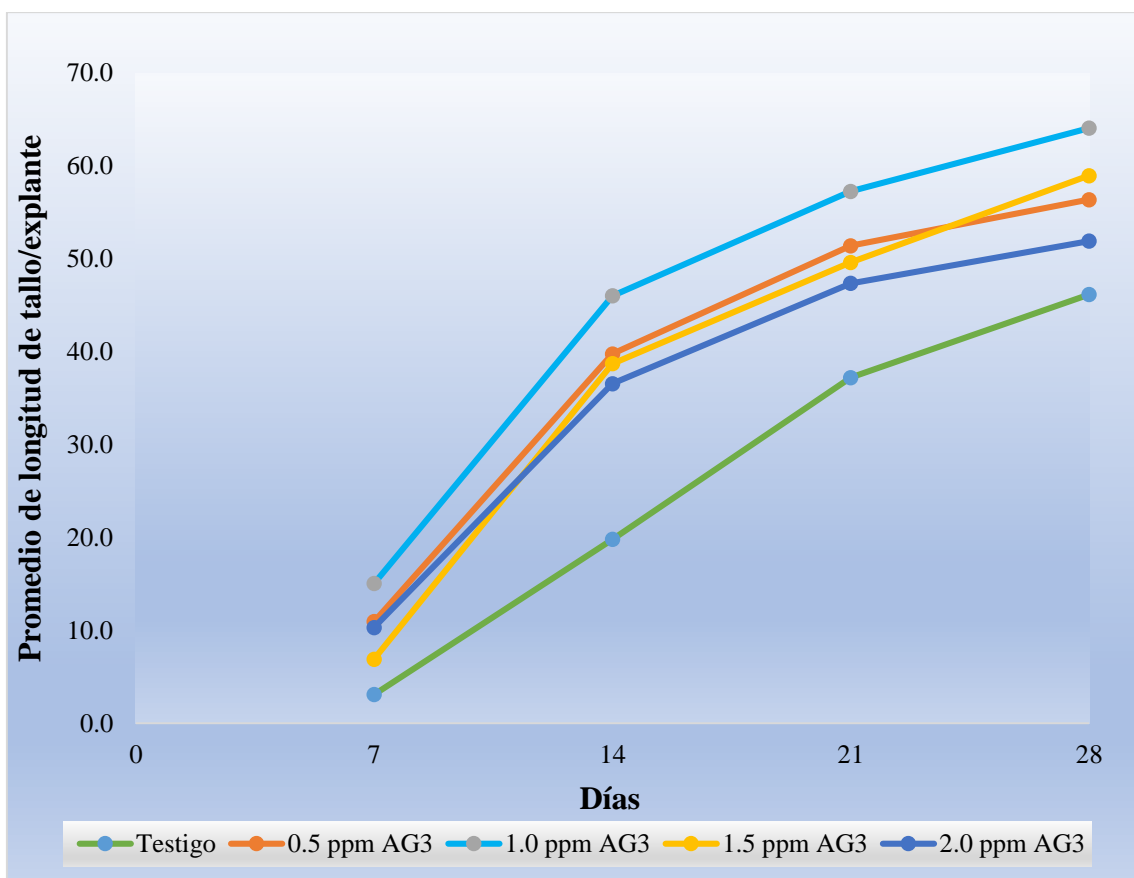


Figura 7. Efecto de diversas concentraciones de AG₃ con medio MS en la elongación de tallos a partir de segmentos nodales de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. a los 7, 14, 21 y 28 días.

En la figura 7 se muestra el promedio de longitud de tallo/explante en las diferentes evaluaciones, donde el mejor tratamiento fue el T₆ (1,0 ppm AG₃) obteniendo un promedio de longitud de tallo de 64,1 mm/explante en el día 28, en tanto que el testigo (T₀) se manifestó con la menor longitud de tallo con un promedio de 46,2 mm/explante.

Tabla 16: Análisis de varianza para número de nudos de papa amarga *Solanum* sp. respecto a las concentraciones de (1,5 ppm BAP) con diversas concentraciones de AG₃.

| Fuente de Variación | GL | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F |
|---------------------|-----|-------------------|------------------|------------|
| Tratamiento | 4 | 0.332 | 0.083 | 1.580 N.S. |
| Error exp. | 395 | 20.734 | 0.052 | |
| TOTAL | 399 | 21.066 | | |

En la tabla 16 el análisis de varianza, muestra que no existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 6,7%.

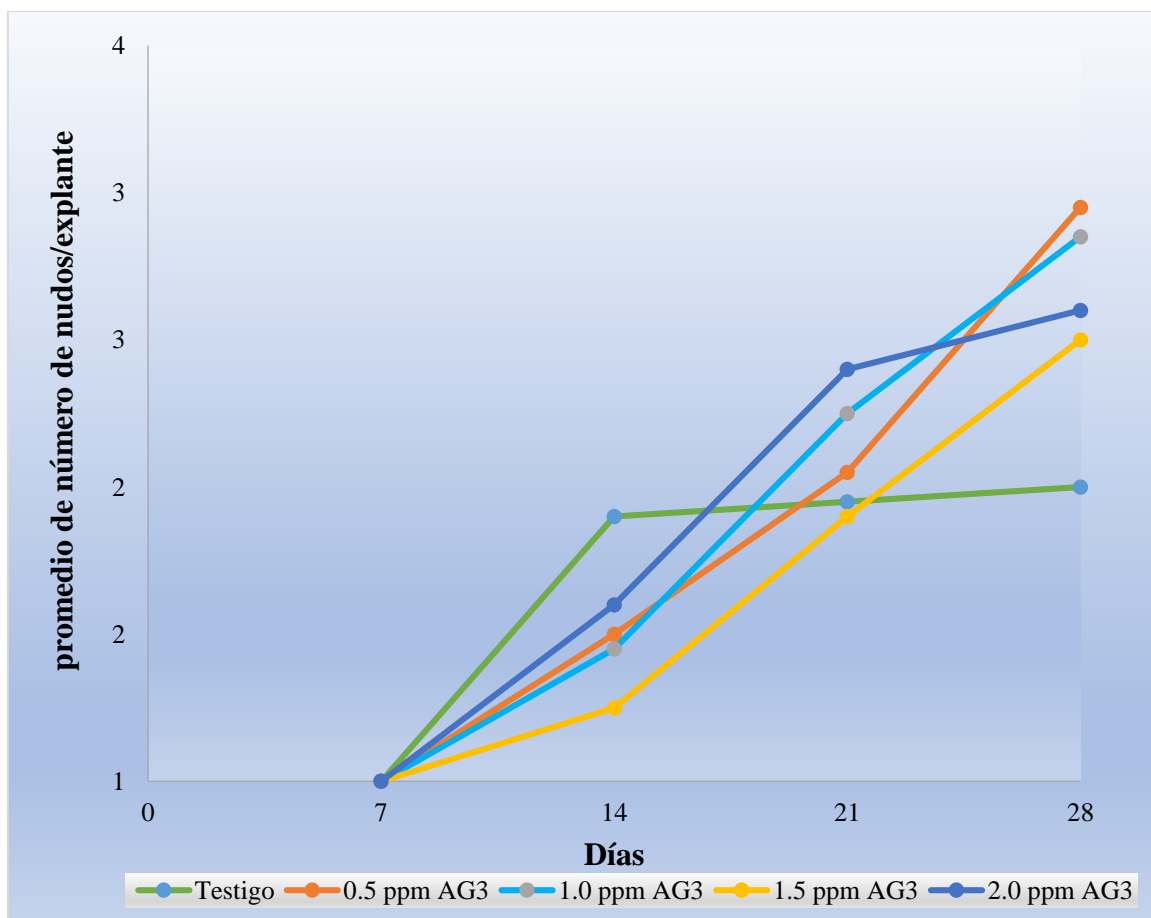


Figura 8. Efecto de diversas concentraciones de AG₃ añadido con BAP (1,5 ppm) en medio MS en el número de nudos a partir de segmentos nodales de papa amarga *Solanum* sp. a los 7, 14, 21 y 28 días.

En la figura 8, se observa que el tratamiento en el que se cuantifico los valores más altos de número de nudos en el T₁ (1,5 ppm + 0,5 ppm de AG₃) con un promedio de 3 nudos /explante, seguido por MS sin reguladores de crecimiento (testigo) con un promedio 3 nudos.

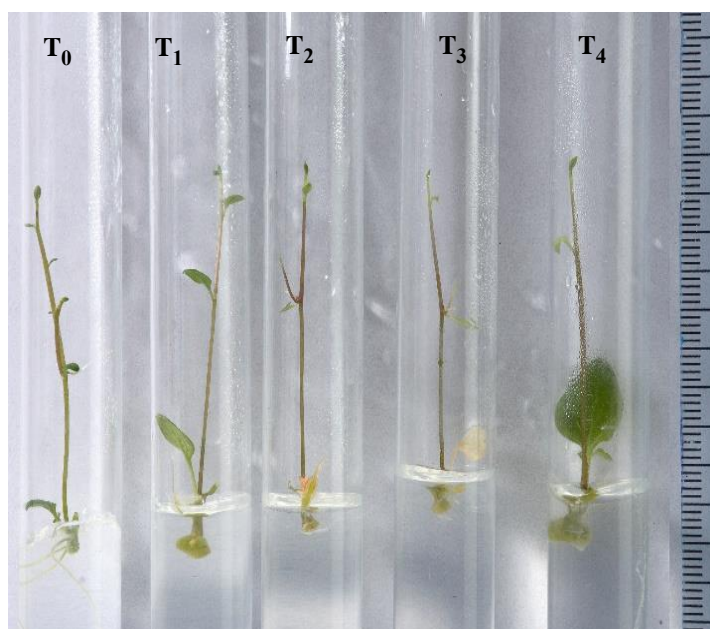


Figura 9. Plántulas de papa amarga *Solanum* sp. a los 28 días luego de la siembra. Número de nudos en respuesta al efecto de concentraciones de (1,5 ppm BAP) con diversas concentraciones de AG₃ con medio MS.

Tabla 17: Análisis de varianza para longitud de tallo de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. respecto a las concentraciones de (1,5 ppm BAP) con diversas concentraciones de AG₃.

| Fuentes de variación | GL | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F |
|----------------------|-----|-------------------|------------------|--------|
| Tratamiento | 4 | 31.662 | 7.916 | 3.911* |
| Error exp. | 382 | 773.035 | 2.024 | |
| TOTAL | 386 | 804.697 | | |

En la tabla 17 el análisis de varianza, indica que existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, lo cual muestra que al menos la media de longitud de tallo de uno de los tratamientos es diferente. El coeficiente de variabilidad es de 14,50%.

Tabla 18: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para longitud de tallo respecto a las concentraciones de 1,5 ppm BAP añadido con diversas concentraciones de AG₃. a los 7, 14, 21 y 28 días.

| Evaluaciones | Tratamientos ppm BAP+AG₃ | Promedio de altura de tallo (mm) |
|---------------------|--|---|
| A 7 DÍAS | T ₃ (1,5 BAP+ 1,5 AG ₃) | 2,2 (4,7) b |
| | T ₄ (1,5 BAP+2,0 AG ₃) | 2,3 (3,3) b |
| | T ₂ (1,5 BAP+1,0 AG ₃) | 2,4 (4,7) b |
| | T ₁ (1,5 BAP+0,5 AG ₃) | 2,5 (6,0) b |
| | T ₀ (1,5 BAP+0.0 AG ₃) | 3,3 (10,7) a |
| A 14 DÍAS | T ₂ (1,5 BAP+1,0 AG ₃) | 4,2 (17,3) c |
| | T ₃ (1,5 BAP+ 1,5 AG ₃) | 4,3 (18,1) c |
| | T ₁ (1,5 BAP+0,5 AG ₃) | 4,5 (19,2) bc |
| | T ₄ (1,5 BAP+2,0 AG ₃) | 4,8 (22,9) ab |
| | T ₀ (1,5 BAP+0.0 AG ₃) | 5,7 (26,2) a |
| A 21 DÍAS | T ₂ (1,5 BAP+1,0 AG ₃) | 5,1 (25,1) c |
| | T ₁ (1,5 BAP+0,5 AG ₃) | 5,2 (26,6) c |
| | T ₃ (1,5 BAP+ 1,5 AG ₃) | 5,3 (27,5) bc |
| | T ₄ (1,5 BAP+2,0 AG ₃) | 5,7 (31,1) ab |
| | T ₀ (1,5 BAP+0.0 AG ₃) | 5,7 (32,5) a |
| A 28 DÍAS | T ₂ (1,5 BAP+1,0 AG ₃) | 5,7 (31,3) b |
| | T ₁ (1,5 BAP+0,5 AG ₃) | 5,8 (33,0) ab |
| | T ₃ (1,5 BAP+ 1,5 AG ₃) | 5,9 (34,7) ab |
| | T ₄ (1,5 BAP+2,0 AG ₃) | 6,12 (36,8) a |
| | T ₀ (1,5 BAP+0.0 AG ₃) | 6,13 (36,9) a |

Medias con la misma letra no son estadísticamente significativas.

() Datos sin corregir.

La prueba de comparaciones múltiples de Duncan, para longitud de tallo indica que el T₀ (testigo) presenta diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄ a los 7, 14 y 21 días; sin embargo, en el día 28 el testigo no presentó diferencias estadísticas frente al tratamiento T₄. De igual forma no existe diferencias estadísticas significativas entre los

tratamientos T₁ y T₃ a los 28 días, mientras que el T₂ difiere significativamente entre los tratamientos T₁, T₃ y T₄ a los 28 días de evaluación.

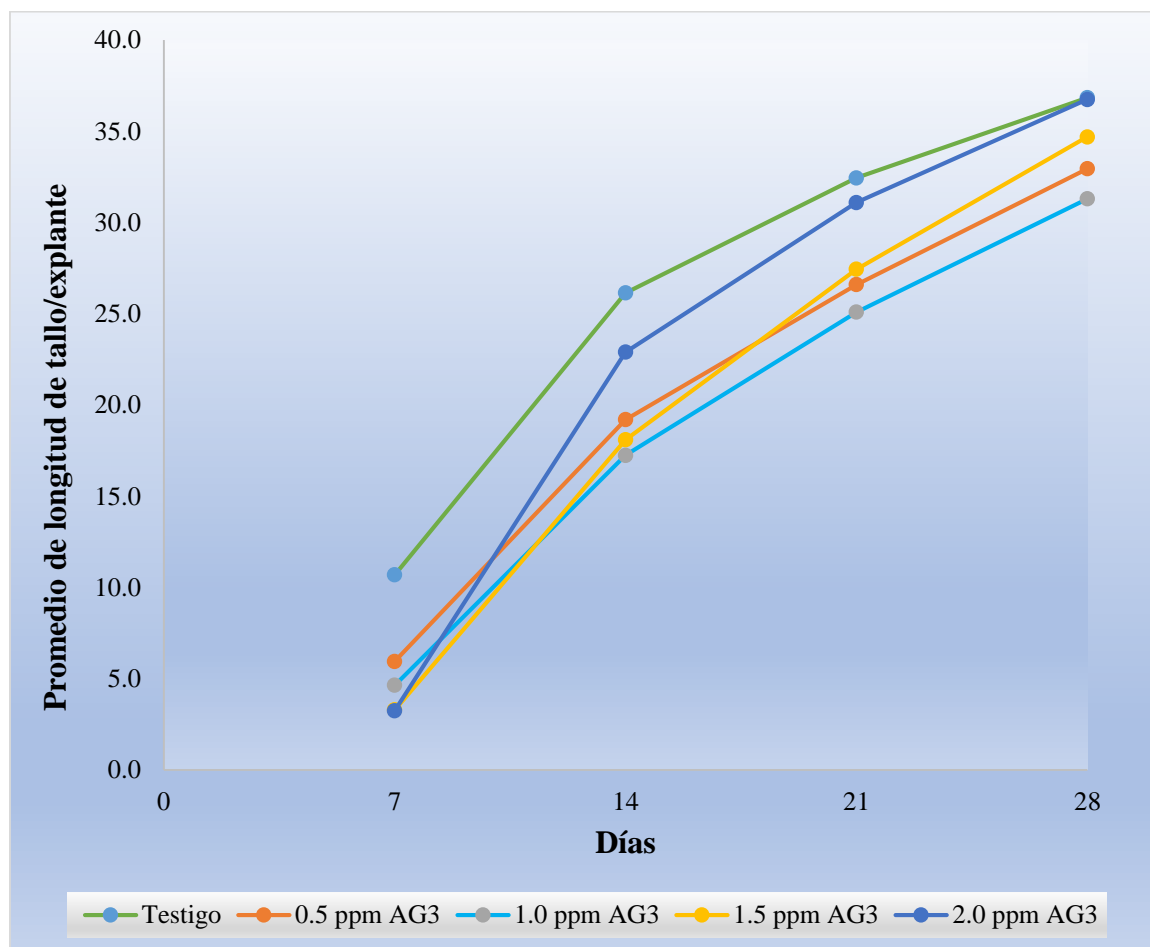


Figura 10. Efecto de diversas concentraciones de AG₃ añadido con BAP (1,5 ppm) en medio MS en la longitud de tallo a partir de segmentos nodales de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. a los 7, 14, 21 y 28 días.

En la figura 10, se observa que el tratamiento en el que se midió los valores más altos de longitud de tallo es en el Testigo con un promedio de 36,9 mm/explante seguido por el T₄ (1,5 ppm BAP+ 2,0 ppm de AG₃) con un promedio de 36,8 mm de longitud /explante, mientras que el T₂ (1,5 ppm BAP+ 1,0 ppm de AG₃) presentó el nivel más bajo de crecimiento alcanzando un promedio de 31,3 mm de longitud.

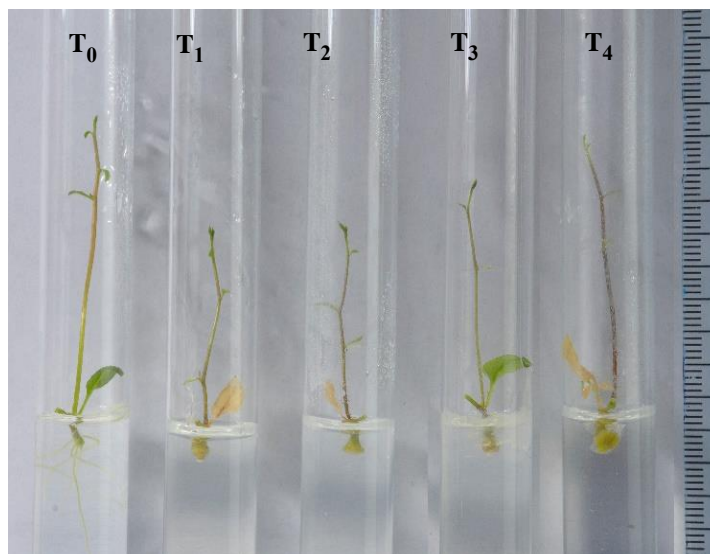


Figura 11. Plántulas de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. a los 28 días luego de la siembra. Longitud de tallo en respuesta al efecto de concentraciones de (1,5 ppm BAP) con diversas concentraciones de AG₃ con medio MS.

Tabla 19: Análisis de varianza para longitud de raíz de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. respecto a diversas concentraciones de AIA (ppm).

| Fuente de Variación | GL | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F |
|---------------------|-----|-------------------|------------------|---------|
| Tratamiento | 4 | 52.252 | 13.063 | 6.206 * |
| Error exp. | 262 | 551.480 | 2.105 | |
| TOTAL | 266 | 603.732 | | |

En la tabla 19 el análisis de varianza, indica que existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, lo cual muestra que al menos la media de longitud de tallo de uno de los tratamientos es diferente. El coeficiente de variabilidad es de 9,78%.

Tabla 20: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para la longitud de raíz respecto a las concentraciones de AIA a los 7, 14 y 21 días.

| Evaluaciones | Tratamientos ppm AIA | Promedio de longitud de Raíz |
|---------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| A 7 DÍAS | R ₁ (0,5) | 1,0 (0,0) b |
| | R ₂ (1,0) | 1,0 (0,0) b |
| | R ₃ (1,5) | 1,0 (0,0) b |
| | R ₄ (2,0) | 1,0 (0,0) b |
| | R ₀ (0.0) | 2,5 (5,4) a |
| A 14 DÍAS | R ₂ (1,0) | 2,7 (6,6) c |
| | R ₁ (0,5) | 2,9 (7,7) bc |
| | R ₃ (1,5) | 3,0 (7,9) bc |
| | R ₄ (2,0) | 3,1 (8,7) b |
| | R ₀ (0.0) | 4,1 (15,6) a |
| A 21 DÍAS | R ₁ (0,5) | 4,4 (18,4) c |
| | R ₂ (1,0) | 4,5 (19,4) c |
| | R ₃ (1,5) | 4,6 (19,6) c |
| | R ₄ (2,0) | 4,9 (23,2) b |
| | R ₀ (0.0) | 5,2 (26,0) a |

Medias con la misma letra no son estadísticamente significativas.

() Datos sin corregir.

La prueba de comparaciones múltiples de Duncan, para longitud de raíces indica que el R₀ (testigo) presenta diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos R₁, R₂, R₃ y R₄ a los 7, 14 y 21 días. Los tratamientos R₁, R y R₃ no presentaron diferencias estadísticas en la tercera evaluación, mientras que a los 21 días de evaluación el T₄ difiere significativamente entre los tratamientos R₀, R₁, R₂ y R₃.

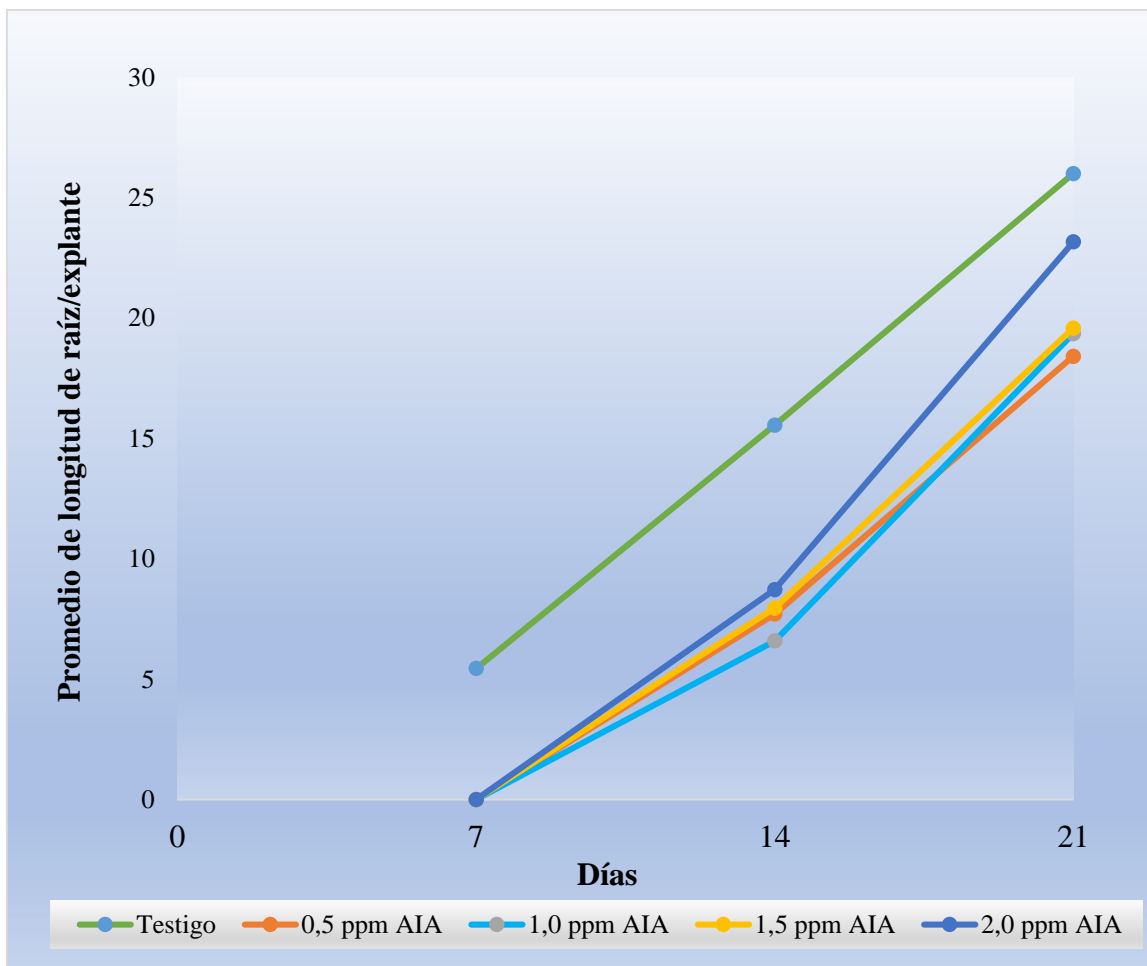


Figura 12. Efecto de diversas concentraciones de AIA (ppm) en medio MS en la longitud de raíz partir de segmentos nodales papa amarga “ancu” *Solanum* sp. 7, 14 y 21 días.

En la figura 12, se observa que el mejor tratamiento fue en Testigo con un promedio de 26 mm de longitud de raíz, seguido por el R₄ (2,0 ppm AIA) con un promedio de 23,2 mm de longitud de raíz/explante, mientras que el R₁ (0,5 ppm AIA) presentó el nivel más bajo de crecimiento alcanzando un promedio de 18,4 mm de longitud de raíz.

Tabla 21: Análisis de varianza para el número de raíz de papa “ancu” *Solanum* sp. respecto a diversas concentraciones de AIA (ppm).

| Fuente de Variación | GL | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F |
|---------------------|-----|-------------------|------------------|-------|
| Tratamiento | 4 | 18.364 | 4.591 | 6.60* |
| Error exp. | 259 | 196.700 | 0.695 | |
| TOTAL | 263 | 198.536 | | |

En la tabla 21 el análisis de varianza, se observa que existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con AIA. El cual indica que al menos la media de número de raíces de uno de los tratamientos es diferente. El coeficiente de variabilidad es de 13,42%.

Tabla 22: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para el número de raíces respecto a las concentraciones de AIA 7, 14 y 21 días.

| Evaluaciones | Tratamientos ppm AIA | Promedio de número de raíces |
|---------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| A 7 DÍAS | R ₁ (0,5) | 1 (0) b |
| | R ₂ (1,0) | 1 (0) b |
| | R ₃ (1,5) | 1 (0) b |
| | R ₄ (2,0) | 1 (0) b |
| | R ₀ (0,0) | 1 (1) a |
| A 14 DÍAS | R ₀ (0,0) | 2 (4) c |
| | R ₁ (0,5) | 2 (5) bc |
| | R ₂ (1,0) | 3 (6) bc |
| | R ₃ (1,5) | 3 (6) ab |
| | R ₄ (2,0) | 3 (7) a |
| A 21 DÍAS | R ₀ (0,0) | 3 (7) c |
| | R ₁ (0,5) | 3 (8) bc |
| | R ₂ (1,0) | 3 (8) bc |
| | R ₃ (1,5) | 3 (8) ab |
| | R ₄ (2,0) | 3 (10) a |

Medias con la misma letra no son estadísticamente significativas.

() Datos sin corregir.

La prueba de comparaciones múltiples de Duncan, para número de raíces indica que el R₀ (testigo) presenta diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos R₁, R₂, R₃ y R₄ a los 7, 14 y 21 días. No existe diferencias estadísticas entre los tratamientos R₁ y R₂ en la segunda y tercera evaluación, a los 14 y 21 días de evaluación el R₄ difiere significativamente entre los tratamientos R₀, R₁, R₂ y R₃.

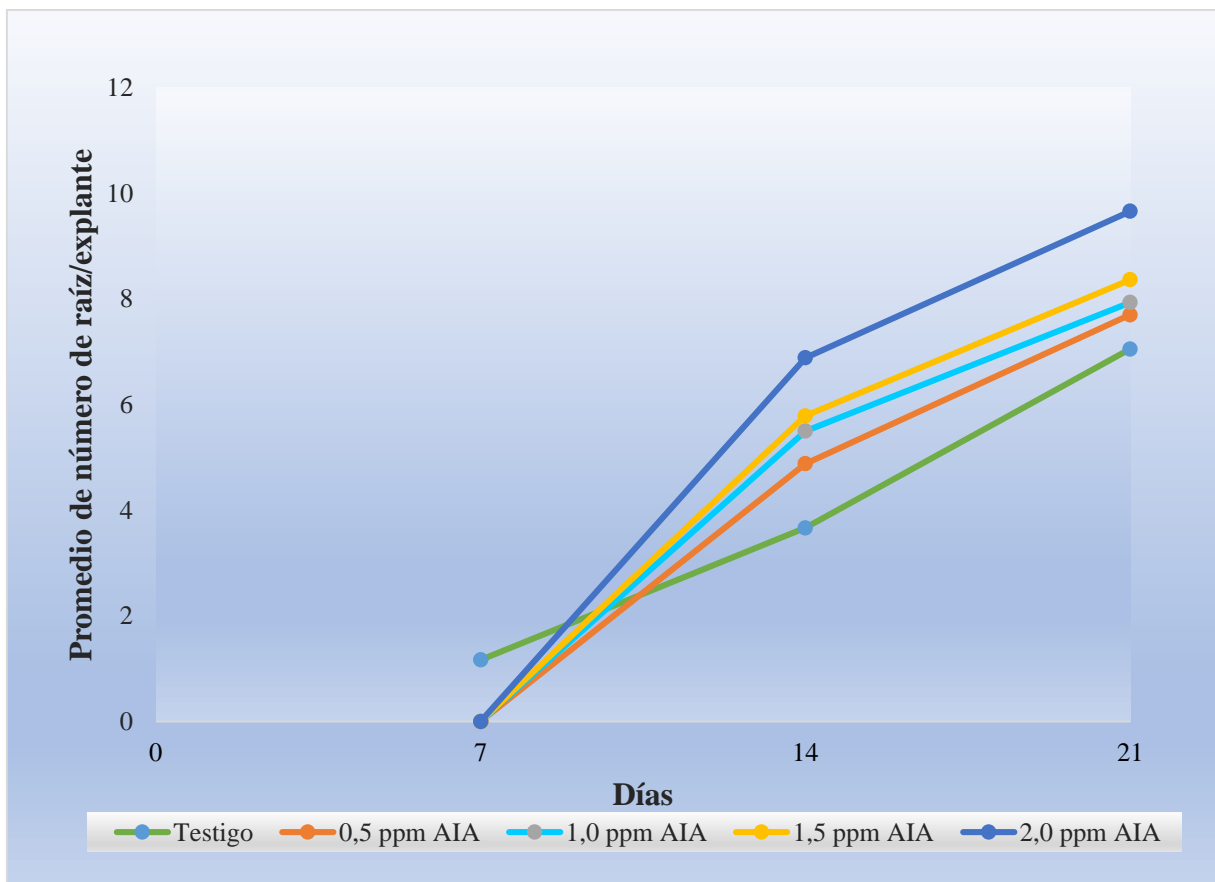
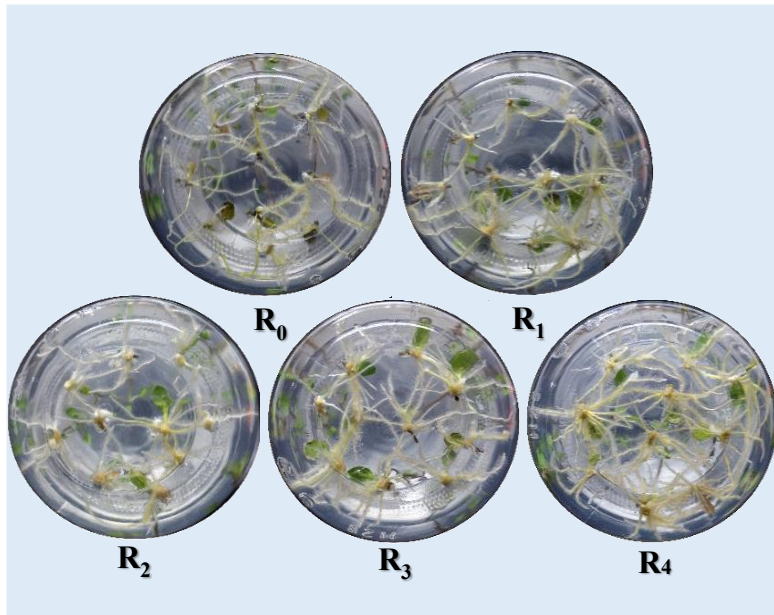


Figura 13. Efecto de diversas concentraciones de AIA (ppm) en medio MS en número de raíces a partir de segmentos nodales papa “ancu” 7, 14 y 21 días.

En la figura 13, se observa que el número de raíces aumento paulatinamente conforme se incrementa la concentración de los reguladores de crecimiento. El tratamiento en el que se cuantificó los valores más altos de número de raíces fue en el R₄ (2,0 ppm AIA) con un promedio de 10 raíces/explante, mientras que el R₀ (testigo) presentó el nivel más bajo de número de raíces alcanzando un promedio de 7 raíces/explante.



Figúra 14. Desarrollo de raíces de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. en medio MS suplementado con diferentes concentraciones de AIA a los 21 días.

4.2. DISCUSIONES.

En el resultado de la desinfección superficial se determinó como el mejor tratamiento a la concentración de 1,0 % de NaClO por 10 minutos e inmersión en etanol al 70% por 30 segundos, alcanzando un 91% de supervivencia, en tanto (García et al.,2015) para el proceso de desinfección superficial de cuatro variedades cubanas de *Solanum tuberosum* L. “Yuya”, “Marinca”, “Grettel” e “Ibis” emplearon una solución de etanol al 70% durante dos minutos y añadieron hipoclorito de sodio (NaClO) al 1,0 % por 10 minutos, donde el resultado de supervivencia fue de 80%, 70,2% y 81% para las tres variedades de papa.

Por otro lado, el porcentaje de explantes contaminados en tratamiento D₃ (1,0% NaClO) alcanzó el 6%; mientras que Araque et al., (2017) determinaron el 100% de explantes asépticos en variedades de papa “Diacol Capiro” y “Parda Pastusa”, al emplear Tween 20 en agua destilada estéril por 5 minutos, seguido de inmersión durante 30 segundos en etanol al 70%, finalmente sumergieron en (NaClO) al 10% más Tween 20 durante 20 minutos. Sin embargo, el material vegetativo se colectó del invernadero, donde los residuos en la superficie de la planta son menores a comparación de plantas en campo libre por lo que se empleó una concentración de 1% de NaClO por 10 minutos.

El mejor tratamiento en la obtención de nudos fue T₃ (1,5 ppm BAP); Rumzum (2013) trabajó con tres variedades de papa en cultivo *in vitro* de meristemas; “Espirit”, “Meridian” y “Lady Rosseta”, obteniendo la mejor respuesta en términos de número de brotes con 0,5 ppm de BAP en Lady Rosseta y 1,0 ppm de BAP para Espirit y Meridian, además revelan que el número y longitud de brotes disminuye a concentraciones muy altas (2,5 ppm BAP) o concentraciones inferiores a 0,5 ppm BAP, coincidiendo con lo obtenido en la papa ancu. Por otro lado (Izquierdo, 2006) encontró mejor respuesta en 0.5 ppm BAP y 0.5 ppm AIA de forma independiente para el desarrollo de múltiples brotes a partir de una yema en *Darwiniothamnus alternifolius*. Ngomuo et al., (2013) indicaron que 6,0 ppm de BAP aumento significativamente el número de brotes.

Diferentes concentraciones de AG₃ en combinación con 1,5 ppm de BAP se empleó para la longitud de tallos en papa amarga “ancu”, mostrando la mejor respuesta en el testigo, este

resultado no concuerda con las observaciones obtenidas por Rumzum (2013) donde revela que la mejor respuesta en longitud de tallos se produjo en MS con 1,0 ppm de BAP + 1,0 ppm de AG₃ para la variedad Espirit y Meridian, para Lady Rosseta fue 1,0 ppm de BAP + 0,5ppm de AG₃.

Olivera et al.(2010), encontraron que a concentraciones de 2,0 ppm de BAP y 0,02 ppm de ANA fue el mejor tratamiento en la obtención de mayor número de brotes por explante en el cultivo *in vitro* de *Perezia coerulescens* (valeriana). En papa amarga “ancu” se obtuvo mayor promedio de nudos con en tratamiento T₃ (1,5 ppm de BAP).

Ruiz et al. (2018), realizaron una investigación de cultivo *in vitro* en *Persea americana* donde evaluaron variables de longitud de plántulas y número de hojas; determinaron que a concentraciones de 0,5 ppm de BAP y 0,5 ppm de AIA estimuló la mayor longitud de plántulas y mayor número de hojas. Con respecto a la papa ancu, las yemas axilares fueron sometidas a diversas concentraciones de BAP, determinando mayor longitud promedio con el testigo. No obstante, cabe destacar que los resultados obtenidos en papa amarga “ancu” sobre la longitud de tallo, sea debido a que las citoquininas estimulan el crecimiento de yemas laterales inhibiendo la dominancia apical (contrario a las auxinas) explicando los resultados obtenidos en papa ancu (Ugarte et al., 2016).

En la obtención de número de raíces se determinó como el mejor tratamiento a la concentración de 2,0 ppm de AIA; mientras que el testigo manifestó mejor respuesta en longitud de raíces; en tanto Rumzum (2013) encontró que mayor número de raíces se promovió empleando una concentración de 0,5 ppm de AIA en *Solanum tuberosum*. En este sentido, para el crecimiento de raíces, se requieren bajas concentraciones de auxinas, debido a que las células de los meristemas radicales contienen un nivel de auxinas, suficientes para una elongación normal; no siendo igual para la formación de raíces adventicias, en donde requieren mayores concentraciones de auxinas (Taiz y Zeiger, 2006)

Se evaluó el efecto de concentraciones de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 ppm de AIA en papa amarga “ancu”, obteniendo resultados óptimos en número de raíces a concentración de 2,0 ppm de AIA,

obteniendo 10 raíces/explante en promedio; similares resultados encontraron (Koleva et al., 2012) empleando kinetina (KIN) y Bencilaminopurina (BAP) sobre dos variedades de *Solanum* sp “Andrea” y “Agrija”, estableciendo que a concentración de MS + 4 ppm de KIN + 1 ppm de AIA se alcanzó un promedio de 9 raíces/explante.

En *Solanum* sp. papa amarga “ancu” se emplearon diversas concentraciones de AG₃, para determinar el efecto en la longitud del tallo, obteniendo 64,1 mm de longitud promedio/explante con 1,0 ppm de AG₃, al respecto, Suárez et al.(2011), encontraron que los brotes alcanzaron un crecimiento de 40 mm de altura con raíces bien desarrolladas al emplear 0,3 ppm de AG₃; así mismo reportaron un alto promedio de formación de brotes con 2,0 ppm de BAP y 0,1 ppm de AIA, obteniendo un promedio de 4,8 brotes/explante en *Solanum nudum*.

Según Pimentel et al.(2012), encontraron a concentración de 1,0 ppm de AIA en medio MS fue el más adecuado para la inducción de raíces obteniendo 80 % de enraizamiento en *Calendula officinalis* (botón de oro), así mismo Rojas et al., (2013) encontraron que el mejor enraizamiento fue con AIA a concentración de 0,2 ppm formando 3,6 raíces en algodón nativo (*Gossypium barbadense* L.), para el caso de la papa “ancu” se determinó que 2,0 ppm de AIA estimuló mayor producción de raíces con un promedio de 10 raíces/explante

Una concentración de 2,0 ppm de AIA empleada para el enraizamiento de *Solanum* sp. “ancu” manifestó mayor cantidad de raíces y bien desarrolladas; similares resultados alcanzaron García et al., (2015) realizaron una investigación en el cultivo *in vitro* de *Sechium edule* (chayote) donde emplearon tres medios de cultivo en combinación con AIA y AIB en la fase de enraizamiento, determinando como el mejor tratamiento a la concentración de MS al 65% + 3,0 ppm de AIA en la obtención de mayor número de raíces y la producción del 100% de raíces en los brotes.

V. CONCLUSIONES.

Se determinó como el mejor protocolo de desinfección para yemas axilares de papa amarga “ancu” *Solanum* sp. el tratamiento D₃ (1 % de NaClO) obteniendo 91 % de supervivencia, así mismo presentó menor porcentaje de contaminación con un 6% y solo el 3% de explantes muertos.

El mayor número de nudos se alcanzó con el tratamiento T₃ (1,5 ppm BAP) obteniendo 4 nudos en promedio; mientras que el mejor tratamiento con AG₃ fue a concentración de 0,5 ppm con un promedio de 4 nudos/explante.

La concentración de 1,0 ppm de AG₃ resultó como el mejor tratamiento en el tamaño de tallos, alcanzando un promedio de 64,1 mm de longitud/explante, sin embargo, las concentraciones de BAP no dieron resultados favorables, siendo el testigo el mejor, logrando un promedio de 46,2 mm de longitud de tallo. A concentración de 1,5 ppm BAP + 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 ppm AG₃, los resultados muestran que no se encontró diferencias estadísticas entre la media de número de nudos, mientras que 1,5 ppm BAP+0,0 de ppm de AG₃ alcanzó un promedio de 36,9 mm de longitud siendo el mejor con respecto a concentración de 1,5 ppm BAP + 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 ppm AG₃.

El mejor tratamiento en la obtención de raíces fue con el tratamiento T₄ (2,0 ppm AIA) con el que se obtuvo un promedio de 10 raíces/explante. Así mismo el testigo produjo mayor longitud de raíces alcanzando 26 mm/explante.

VI. RECOMENDACIONES.

Multiplicar a gran escala la variedad de papa amarga “ancu” y procesarla para la producción a “tocosh” y/o chuño, cuyo producto tiene aceptación comercial.

Difundir las bondades de esta variedad para que los agricultores la multiplique y lo conserven, dado que esta y otras variedades nativas se encuentran en peligro de extinción.

La Facultad de Ciencias Agrarias a través de la carrera de Agronomía forme el germoplasma de papas nativas del Departamento de Ancash, para evitar la erosión genética de estas especies.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Araque Barrera, E., Bohórquez Quintero, M., & Pacheco Maldonado, J. (2017). Propagación y tuberización *in vitro* de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L. ssp andígena). *Laboratorio de Cultivo de Tejidos Bioplasma. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, 11.
- Bonifacio, A., Ramos, P., Alcon, M., & Gabriel, J. (2013). *Solanum x curtilobum* Juz. et Buk.: papa amarga cultivada con potencial para el mejoramiento genético. *Revista Latinoamericana de la papa*, 13.
- Borba, N. (2008). *La papa un alimento básico. Posibles impactos frente a la introducción de papa transgénica*. Uruguay: RAP-AL.
- Camarena Mayta, F., Chura Chuquija, J., & Blas Sevillano, R. (2014). *Mejoramiento Genético y Biotecnológico de Plantas*. Lima: Copyright.
- Castillo, A. (2004). propagación de plantas por cultivo *in vitro*: Una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. *INIA*.
- CIP, & FEDECH. (2006). *Catálogo de variedades de papa nativa de Huancavelica-Peru*. Lima: Metrocolor.
- Criollo, H., Insuasti, K., & Delgado, W. (2016). Regeneración *in vitro* de plántulas de tomate de árbol [*Solanum betaceum* (Cav.) Sendt.]. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 10.
- Cubero, J. (2003). *Introducción a la mejora genética vegetal*. España: Mundi-Prensa.
- Edirisinghage Jayawardana, K. D. (2015). *Respuesta in vitro y en casa de cultivo de variedades cubanas durante la obtención de semilla original de papa (Solanum tuberosum L.)*. Santa Clara: s.n.
- Egúsquiza, B. R. (2000). *La papa, producción, transformación y comercialización*. Lima: International Potato Center.
- Estrada, N. (1991). Importancia genética de las papas amargas. En J. Rea, & J. Vacher, *La papa amarga: I Mesa redonda: Perú - Bolivia*. (pág. 111). La Paz: ORSTOM.

- García, J., Salas, E., & Azofeifa, J. (2015). Efecto del AIA y el AIB sobre el enraizamiento *in vitro* de brotes. *Bioteconología Vegetal*, 5.
- García, L., Rodríguez, M., Pérez, M., & Alvarado, Y. (2015). Propagación *in vitro* de variedades cubanas de *Solanum tuberosum* L. 'Yuya', 'Marinca', 'Grettel' e 'Ibis'. *Bioteconología vegetal*, 9.
- Gavrilenko, T., Antonova, O., Shuvalova, A., Krylova, E., Alpatyeva, N., Spooner, D., & Novikova, L. (2013). Genetic diversity and origin of cultivated potatoes based on plastid microsatellite polymorphism. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 19.
- Harris, P. (1978). *The potato crop: The scientific basis for improvement*. London: Edited by.
- Hawkes, J. G. (1990). *The potato: Evolution, biodiversity and genetic resources*. London.
- Hijmans, R. J., & Spooner, D. M. (2001). Geographic distribution of wild potato species. *American Journal of Botany*, 11.
- Hijmans, R. J., Jacobs, M., Bamberg, J. B., & Spooner, D. M. (2003). Frost tolerance in wild potato species: Assessing the predictivity of. *Euphytica*, Kluwer Academic Publishers.
- Igarza Castro, J., Agramonte, D., Alvarado Capó, Y., & de Fera, M. (2012). Empleo de métodos biotecnológicos en la producción de papa. *Bioteconología Vegetal*, 24.
- Informática, I. N. (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario 2012*. Lima.
- INIA, & CIP. (2015). *Catálogo de variedades de papa nativa de Chugay, La Libertad-Perú*. Lima: tarea asociación gráfica educativa.
- Izquierdo, P. (2006). Development of Micropropagation Protocols for two species of critically endangered Asteraceae endemic of the Galápagos Islands. *Lyonia*, 6.
- Koleva, L. G., Mitrev, S., Trajkova, F., & Ilievski, M. (2012). Micropropagation of Potato *Solanum tuberosum* L. *Electronic Journal of Biology*, 6.
- Lachman, J., Hamouz, K., Orsak, M., & Pivec, V. (2001). Potato glycoalkaloids and their significances in plant protection and human nutrition-review. *Rostlinna vyroba*, 7.

- Ngomuo, M., Mnene, E., & Ndakidemi, P. (2013). The Effects of Auxins and Cytokinin on Growth and Development of (*Musa* sp.) Var. “Yangambi” Explants in Tissue Culture. *American Journal of Plant Sciences*, 7.
- Ochoa, C. M. (2001). *Las papas de sudamerica*. La Paz, Bolivia: editores CID.
- Olivera, P., Tamariz, C., & Gutierrez, M. (2010). Desinfección e influencia del bencilaminopurina (BAP) y ácido naftalén acético (ANA) en la multiplicación *in vitro* de *Perezia coerulea* Wedd, planta medicinal altoandina. *Revista Aporte Santiaguino*, 8.
- Pérez Vargas, J., & Calva Calva, G. (2005). Cultivo de células y tejidos: Fuente de alimento para el futuro. *Revista Digital Universitaria*, 16.
- Pierik M, R. (1990). *Cultivo in vitro de las plantas superiores*. España: Mundi Prensa.
- Pimentel, C., Salgueiro, C., & Sato, A. (2012). Tissue culture techniques in the proliferation of shoots and roots of *Calendula officinalis*. *Revista Ciência Agronômica*, 7.
- Prieto E, H., Jordan Z, M., Barrueto Cid, P., & R Cordeiro, M. (2005). *Biotecnología Vegetal*. Santiago: PROGRAF.
- Rea, J., & Vacher, J. (1991). *Ira Mesa Redonda sobre La papa amarga. Perú- Bolivia*. La Paz: ORSTOM.
- Roca, W., & Mroginski, L. (1991). *Cultivo de Tejidos en la Agricultura: Fundamentos y aplicaciones*. Colombia: Cali.
- Roca, W. M., & Mroginski, L. A. (2003). Cultivo de tejidos en la agricultura. *CIAT*, 18.
- Rojas, C., Cuzquén, C., & Delgado, G. (2013). In vitro clonal propagation and cutting rooting of native cotton (*Gossypium barbadense* L.). *bdigital*, 9.
- Ruiz, G., Ramirez, K., & Heysser, D. (2018). Efecto del ácido indol acético y 6-bencilaminopurina en el establecimiento *in vitro* de *Persea Americana VAR. mexicana*. Trujillo.
- Rumzum, F. (2016). In Vitro Meristem Culture and Regeneration of Three Potato Varieties of Bangladesh. *ResearchGate*, 10.

- Sharry, S., Adema, M., & Abedini, W. (2015). *Plantas de probeta-Manual para la propagación de plantas por cultivo de tejidos in vitro*. Bueno Aires: Edulp.
- Suárez, O., Naranjo, E., Atehortúa, L., & Blair, S. (2011). Organogénesis directa in vitro a partir de hojas de la planta Antiplasmodial *Solanum nudum* Dunal. *Revista Colombiana de Biotecnología.*, 11.
- Tacoronte, M., Vielma María, Olivo, A., Chac, & Chacín, N. (2017). Efectos de nitratos y sacarosa en la propagación *in vitro* de tres variedades de papa nativa. *Rev.Colomb.Biotec.v*, 11.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006.). *Plant physiology*. Los Angeles.: Sinahuer Associates.
- Ugarte , C., Villarroel, C., Aguirre, G., & State, M. (2016). Medios de cultivo. En G. Aguirre, J. Pierre, & L. Leigue. Cochabamba.
- Villarroel, C., & Cadima, X. (2016). Micropropagación de plantas. En G. Aguirre, J. Pierre, & L. Leigue, *Aplicación del cultivo de tejidos en la multiplicación y conservación de los recursos fitogenéticos*. (pág. 241). Cochabamba.

VIII. ANEXO

Tabla 23: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para el número de nudos respecto a las concentraciones de BAP.

| Tratamientos ppm BAP | Días | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | | | | | | Rango |
|-------------------------|------|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| T ₀ (0,0) | 7 | 1 | | | | | | | | | i |
| T ₁ (0,5) | 7 | 1 | | | | | | | | | i |
| T ₂ (1,0) | 7 | 1 | | | | | | | | | i |
| T ₃ (1,5) | 7 | 1 | | | | | | | | | i |
| T ₄ (2,0) | 7 | 1 | | | | | | | | | i |
| T ₄ (2,0) | 14 | | 2 | | | | | | | | h |
| T ₀ (0,0) | 14 | | 2 | | | | | | | | h |
| T ₃ (1,5) | 14 | | 2 | 2 | | | | | | | gh |
| T ₁ (0,5) | 14 | | | 2 | 2 | | | | | | fg |
| T ₂ (1,0) | 14 | | | 2 | 2 | 2 | | | | | efg |
| T ₀ (0,0) | 21 | | | | 2 | 2 | 2 | | | | def |
| T ₀ (0,0) | 28 | | | | | 2 | 2 | | | | de |
| T ₁ (0,5) | 21 | | | | | | 2 | 2 | | | cd |
| T ₄ (2,0) | 21 | | | | | | 2 | 2 | | | cd |
| T ₁ (0,5) | 28 | | | | | | | 2 | 2 | | bc |
| T ₃ (1,5) | 21 | | | | | | | 2 | 2 | | bc |
| T ₂ (1,0) | 21 | | | | | | | | 2 | 2 | ab |
| T ₄ (2,0) | 28 | | | | | | | | 2 | 2 | ab |
| T ₂ (1,0) | 28 | | | | | | | | 2 | 2 | ab |
| T ₃ (1,5) | 28 | | | | | | | | | 2 | a |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Tabla 24: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para longitud de tallo respecto a las concentraciones de BAP.

| Tratamientos ppm BAP | Días | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | | | | | Rango |
|----------------------|------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| T ₄ (2,0) | 7 | 2.1 | | | | | | | | h |
| T ₂ (1,0) | 7 | 2.3 | | | | | | | | h |
| T ₀ (0,0) | 7 | 2.3 | | | | | | | | h |
| T ₃ (1,5) | 7 | 2.3 | | | | | | | | h |
| T ₁ (0,5) | 7 | 2.6 | | | | | | | | h |
| T ₄ (2,0) | 14 | | 4.1 | | | | | | | g |
| T ₃ (1,5) | 14 | | 4.3 | 4.3 | | | | | | fg |
| T ₀ (0,0) | 14 | | 4.6 | 4.6 | | | | | | fg |
| T ₂ (1,0) | 14 | | | 4.8 | 4.8 | | | | | ef |
| T ₄ (2,0) | 21 | | | | 5.3 | | | | | e |
| T ₁ (0,5) | 14 | | | | 5.4 | 5.4 | | | | de |
| T ₃ (1,5) | 21 | | | | 5.4 | 5.4 | | | | de |
| T ₂ (1,0) | 21 | | | | | 5.9 | 5.9 | | | cd |
| T ₃ (1,5) | 28 | | | | | 5.9 | 5.9 | | | cd |
| T ₄ (2,0) | 28 | | | | | 6.0 | 6.0 | 6.0 | | bcd |
| T ₂ (1,0) | 28 | | | | | | 6.2 | 6.2 | | bc |
| T ₀ (0,0) | 21 | | | | | | 6.3 | 6.3 | | bc |
| T ₁ (0,5) | 21 | | | | | | 6.5 | 6.5 | 6.5 | abc |
| T ₁ (0,5) | 28 | | | | | | | 6.6 | 6.6 | ab |
| T ₀ (0,0) | 28 | | | | | | | | 7.0 | a |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tabla 25: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para el número de nudos respecto a las concentraciones de AG₃.

| Tratamientos ppm AG3 | Días | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | | | | | Rango |
|-------------------------|------|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| T ₀ (0,0) | 7 | 1 | | | | | | | | h |
| T ₇ (1,5) | 7 | 1 | | | | | | | | h |
| T ₈ (2,0) | 7 | 1 | | | | | | | | h |
| T ₆ (1,0) | 7 | 1 | | | | | | | | h |
| T ₅ (0,5) | 7 | 1 | 1 | | | | | | | gh |
| T ₇ (1,5) | 14 | 1 | 1 | | | | | | | gh |
| T ₈ (2,0) | 14 | | 2 | 2 | | | | | | fg |
| T ₀ (0,0) | 14 | | 2 | 2 | | | | | | fg |
| T ₆ (1,0) | 14 | | 2 | 2 | | | | | | fg |
| T ₈ (2,0) | 21 | | | 2 | | | | | | f |
| T ₇ (1,5) | 21 | | | 2 | 2 | | | | | ef |
| T ₅ (0,5) | 14 | | | 2 | 2 | | | | | ef |
| T ₈ (2,0) | 28 | | | | 2 | 2 | | | | de |
| T ₆ (1,0) | 21 | | | | 2 | 2 | | | | de |
| T ₀ (0,0) | 21 | | | | | 2 | 2 | | | cd |
| T ₇ (1,5) | 28 | | | | | 2 | 2 | | | cd |
| T ₆ (1,0) | 28 | | | | | 2 | 2 | 2 | | bcd |
| T ₅ (0,5) | 21 | | | | | | 2 | 2 | | bc |
| T ₀ (0,0) | 28 | | | | | | | 2 | 2 | ab |
| T ₅ (0,5) | 28 | | | | | | | | 2 | a |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tabla 26: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para longitud de tallo respecto a las concentraciones de AG₃.

| Tratamientos ppm AG ₃ | Días | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| T ₀ (0,0) | 7 | 2.3 | | | | | | | | h |
| T ₇ (1,5) | 7 | 2.7 | | | | | | | | h |
| T ₅ (0,5) | 7 | | 3.3 | | | | | | | g |
| T ₈ (2,0) | 7 | | 3.5 | | | | | | | g |
| T ₆ (1,0) | 7 | | 3.8 | | | | | | | g |
| T ₀ (0,0) | 14 | | | 4.6 | | | | | | f |
| T ₈ (2,0) | 14 | | | | 6.2 | | | | | e |
| T ₇ (1,5) | 14 | | | | 6.3 | | | | | e |
| T ₀ (0,0) | 21 | | | | 6.3 | 6.3 | | | | de |
| T ₅ (0,5) | 14 | | | | 6.3 | 6.3 | | | | de |
| T ₆ (1,0) | 14 | | | | 6.8 | 6.8 | 6.8 | | | cde |
| T ₀ (0,0) | 28 | | | | | 7.0 | 7.0 | 7.0 | | bcd |
| T ₇ (1,5) | 21 | | | | | | 7.1 | 7.1 | | bc |
| T ₈ (2,0) | 21 | | | | | | 7.1 | 7.1 | | bc |
| T ₅ (0,5) | 21 | | | | | | 7.2 | 7.2 | | bc |
| T ₈ (2,0) | 28 | | | | | | 7.4 | 7.4 | 7.4 | abc |
| T ₅ (0,5) | 28 | | | | | | 7.5 | 7.5 | 7.5 | abc |
| T ₆ (1,0) | 21 | | | | | | | 7.6 | 7.6 | ab |
| T ₇ (1,5) | 28 | | | | | | | 7.7 | 7.7 | ab |
| T ₆ (1,0) | 28 | | | | | | | | 8.0 | a |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Tabla 27: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para longitud de tallo respecto a las concentraciones de 1,5 ppm BAP añadido con diversas concentraciones de AG₃.

| Tratamientos ppm BAP+AG ₃ | Días | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | | | | | Rango |
|--|------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| T ₃ (1,5 BAP+ 1,5 AG ₃) | 7 | 2.2 | | | | | | | | h |
| T ₄ (1,5 BAP+2,0 AG ₃) | 7 | 2.3 | | | | | | | | h |
| T ₂ (1,5 BAP+1,0 AG ₃) | 7 | 2.4 | | | | | | | | h |
| T ₁ (1,5 BAP+0,5 AG ₃) | 7 | 2.5 | | | | | | | | h |
| T ₀ (1,5 BAP+0.0 AG ₃) | 7 | | 3.3 | | | | | | | g |
| T ₂ (1,5 BAP+1,0 AG ₃) | 14 | | | 4.2 | | | | | | f |
| T ₃ (1,5 BAP+ 1,5 AG ₃) | 14 | | | 4.3 | | | | | | f |
| T ₁ (1,5 BAP+0,5 AG ₃) | 14 | | | 4.5 | 4.5 | | | | | ef |
| T ₄ (1,5 BAP+2,0 AG ₃) | 14 | | | | 4.8 | 4.8 | | | | de |
| T ₂ (1,5 BAP+1,0 AG ₃) | 21 | | | | | 5.1 | | | | d |
| T ₀ (1,5 BAP+0.0 AG ₃) | 14 | | | | | 5.2 | | | | d |
| T ₁ (1,5 BAP+0,5 AG ₃) | 21 | | | | | 5.2 | 5.2 | | | cd |
| T ₃ (1,5 BAP+ 1,5 AG ₃) | 21 | | | | | 5.3 | 5.3 | 5.3 | | bcd |
| T ₂ (1,5 BAP+1,0 AG ₃) | 28 | | | | | | 5.7 | 5.7 | 5.7 | abc |
| T ₄ (1,5 BAP+2,0 AG ₃) | 21 | | | | | | 5.7 | 5.7 | 5.7 | abc |
| T ₀ (1,5 BAP+0.0 AG ₃) | 21 | | | | | | | 5.7 | 5.7 | ab |
| T ₁ (1,5 BAP+0,5 AG ₃) | 28 | | | | | | | | 5.8 | a |
| T ₃ (1,5 BAP+ 1,5 AG ₃) | 28 | | | | | | | | 5.9 | a |
| T ₄ (1,5 BAP+2,0 AG ₃) | 28 | | | | | | | | 6.12 | a |
| T ₀ (1,5 BAP+0.0 AG ₃) | 28 | | | | | | | | 6.13 | a |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Tabla 28: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para número de nudos respecto a las concentraciones de 1,5 ppm BAP añadido con diversas concentraciones de AG₃.

| Tratamientos ppm BAP+AG ₃ | Días | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | | | | | | Rango |
|--|------|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| T ₀ (0.0) | 7 | 1 | | | | | | | | | i |
| T ₁ (1,5 BAP+0,5 AG ₃) | 7 | 1 | | | | | | | | | i |
| T ₂ (1,5 BAP+1,0 AG ₃) | 7 | 1 | | | | | | | | | i |
| T ₃ (1,5 BAP+ 1,5 AG ₃) | 7 | 1 | | | | | | | | | i |
| T ₄ (1,5 BAP+2,0 AG ₃) | 7 | 1 | | | | | | | | | i |
| T ₃ (1,5 BAP+ 1,5 AG ₃) | 14 | 1 | 1 | | | | | | | | hi |
| T ₂ (1,5 BAP+1,0 AG ₃) | 14 | | 2 | 2 | | | | | | | gh |
| T ₁ (1,5 BAP+0,5 AG ₃) | 14 | | 2 | 2 | | | | | | | gh |
| T ₄ (1,5 BAP+2,0 AG ₃) | 14 | | | 2 | | | | | | | g |
| T ₀ (0.0) | 14 | | | | 2 | | | | | | f |
| T ₃ (1,5 BAP+ 1,5 AG ₃) | 21 | | | | 2 | | | | | | f |
| T ₀ (0.0) | 21 | | | | 2 | 2 | | | | | ef |
| T ₀ (0.0) | 28 | | | | 2 | 2 | | | | | ef |
| T ₁ (1,5 BAP+0,5 AG ₃) | 21 | | | | 2 | 2 | | | | | ef |
| T ₂ (1,5 BAP+1,0 AG ₃) | 21 | | | | | 2 | 2 | | | | de |
| T ₄ (1,5 BAP+2,0 AG ₃) | 21 | | | | | | 2 | 2 | | | cd |
| T ₃ (1,5 BAP+ 1,5 AG ₃) | 28 | | | | | | 2 | 2 | | | cd |
| T ₄ (1,5 BAP+2,0 AG ₃) | 28 | | | | | | | 2 | 2 | | bc |
| T ₂ (1,5 BAP+1,0 AG ₃) | 28 | | | | | | | | 2 | 2 | ab |
| T ₁ (1,5 BAP+0,5 AG ₃) | 28 | | | | | | | | | 2 | a |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Tabla 29: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para la longitud de raíz respecto a las concentraciones de AIA.

| Tratamientos ppm AIA | Días | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | | | | | Rango |
|-----------------------|------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| R ₁ (0,5) | 7 | 1.0 | | | | | | | | h |
| R ₂ (1,0) | 7 | 1.0 | | | | | | | | h |
| R ₃ (1,5) | 7 | 1.0 | | | | | | | | h |
| R ₄ (2,0) | 7 | 1.0 | | | | | | | | h |
| R ₀ (0.0) | 7 | | 2.5 | | | | | | | g |
| R ₂ (1,0) | 14 | | | 2.7 | | | | | | f |
| R ₁ (0,5) | 14 | | | | 2.9 | | | | | e |
| R ₃ (1,5) | 14 | | | | 3.0 | | | | | e |
| R ₄ (2,0) | 14 | | | | 3.1 | | | | | e |
| R ₀ (0.0) | 14 | | | | | 4.1 | | | | d |
| R ₁ (0,5) | 21 | | | | | | 4.4 | | | c |
| R ₂ (1,0) | 21 | | | | | | 4.5 | | | c |
| R ₃ (1,5) | 21 | | | | | | 4.6 | | | c |
| R ₄ (2,0) | 21 | | | | | | | 4.9 | | b |
| R ₀ (0.0) | 21 | | | | | | | | 5.2 | a |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Tabla 30: Prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad para el número de raíces respecto a las concentraciones de AIA.

| Tratamientos ppm AIA | Días | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | | | | | Rango |
|-----------------------|------|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| R ₁ (0,5) | 7 | 1 | | | | | | | | h |
| R ₂ (1,0) | 7 | 1 | | | | | | | | h |
| R ₃ (1,5) | 7 | 1 | | | | | | | | h |
| R ₄ (2,0) | 7 | 1 | | | | | | | | h |
| R ₀ (0.0) | 7 | | 1 | | | | | | | g |
| R ₀ (0.0) | 14 | | | 2 | | | | | | f |
| R ₁ (0,5) | 14 | | | | 2 | | | | | e |
| R ₂ (1,0) | 14 | | | | 3 | | | | | e |
| R ₃ (1,5) | 14 | | | | 3 | | | | | e |
| R ₄ (2,0) | 14 | | | | | 3 | | | | d |
| R ₀ (0.0) | 21 | | | | | 3 | 3 | | | cd |
| R ₁ (0,5) | 21 | | | | | 3 | 3 | 3 | | bcd |
| R ₂ (1,0) | 21 | | | | | | 3 | 3 | | Bc |
| R ₃ (1,5) | 21 | | | | | | | 3 | | B |
| R ₄ (2,0) | 21 | | | | | | | | 3 | A |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes



Figura 15. Plantas madre en el invernadero de la FCA - UNASAM



Figura 16. Preparación de MS para el establecimiento



Figura 17. Recolección segmentos nodales provista de yemas axilares.

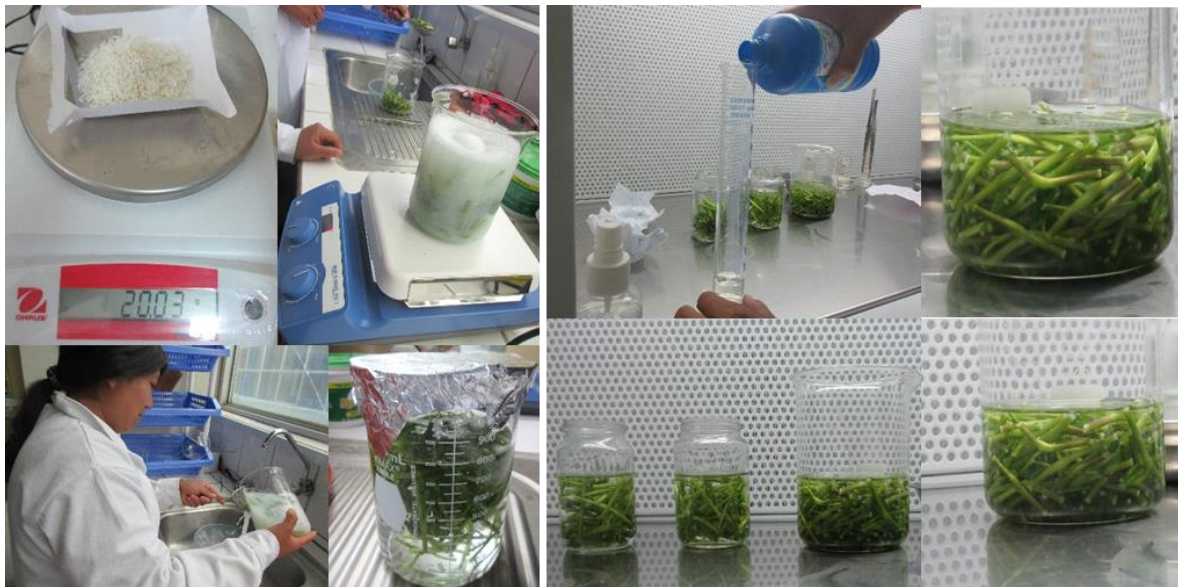


Figura 18. Desinfección de los segmentos nodales provista de yemas axilares.



Figura 19. Instalación en MS de los segmentos nodales.



Figura 20. Multiplicación en MS. de las yemas axilares.

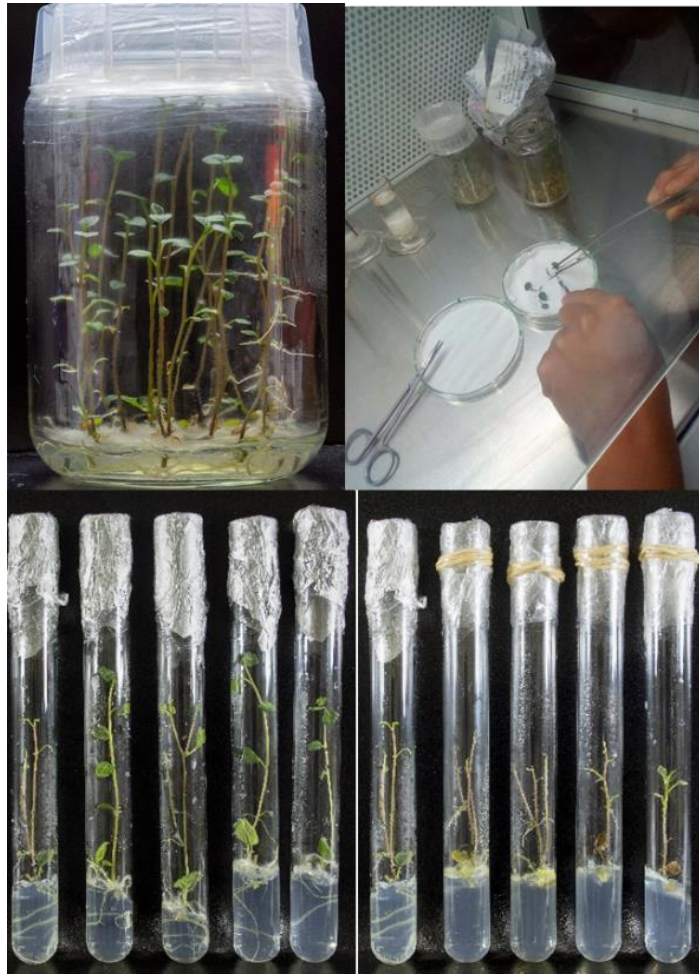


Figura 21. Instalación de la primera prueba con BAP y AG₃ a diferentes concentraciones.