



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



PROPAGACIÓN VEGETATIVA DEL ÁLAMO (*Pópulus deltoides*
Bartr.) CON APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDO
INDOL BUTÍRICO EN AMBIENTES SEMICONTROLADOS - UNA -

PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ZAIDA MILAGROS MACHACA LLANO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la bendición, y otorgándome la oportunidad de vivir y permitido llegar el momento de mucha felicidad en mi formación profesional.

A mis amados padres Tomas Machaca Flores y Victoria Llano Flores, por darme ejemplo de lucha, valentía para salir adelante y alcanzar mis metas, apoyándome incondicionalmente.

A mis tesoros que son el motivo de inspiración de mis metas, Stiven y Danery mis hijos lindos. Y a mi compañero de vida Richard por el apoyo mutuo e incondicional.

Zaida Milagros.



AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la vida y dirigirme en mi camino.

A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Facultad de Ciencias Agrarias de la Escuela Profesional de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, por haberme formado profesionalmente que tanto aprecio.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA – Puno, quienes me brindaron sus sabias enseñanzas y experiencias, brindándome el conocimiento y el carácter para mi formación profesional.

Agradezco al Ing. Francis Miranda Choque, por la orientación apoyo su tiempo que me brindo para la realización en toda la ejecución de la tesis. Gracias por la ayuda y confianza depositada en mi.

A los miembros del jurado: Ing. M.Sc. Hector Pablo Gonzales Diabuno, D. Sc. Buenaventura Optaciano Carpio Vasquez, Dr. Israel Lima Medina, por su rigurosidad, correcciones y comprensión en la evaluación durante la elaboración del presente estudio.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización de la presente investigación.



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVOS	18
1.1.1. Objetivo general.....	18
1.1.2. Objetivos específicos	18
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	19
2.1.1. Centro de origen del álamo (<i>Populus deltoides</i> Bartr).....	19
2.1.2. Nombres comunes.....	19
2.1.3. Posición taxonómica	19
2.1.4. Descripción botánica.....	20
2.1.5. Tallo y ramas	20
2.1.6. Hojas	20
2.1.7. Inflorescencia.....	20
2.1.8. Fruto.....	20
2.1.9. Sistema radicular.....	21
2.2. PROPAGACIÓN VEGETATIVA POR ESTACAS	21
2.2.1. Usos e importancia de la propagación vegetativa.....	22
2.3. TIPOS DE ESTACAS	23
2.3.1. Estacas leñosas.....	23
2.3.2. Estacas semileñosas	23



2.3.3. Estacas herbáceas.....	23
2.3.4. Estacas terminales con hojas.....	23
2.4. MÉTODOS DE PROPAGACIÓN ASEXUAL.....	24
2.4.1. Propagación asexual natural	24
2.4.2. Propagación asexual artificial.....	25
2.5. FISIOLÓGICA DE LA PROPAGACIÓN POR ESTACAS.....	26
2.5.1. Formación de raíces adventicias	26
2.5.2. Formación del callo	27
2.6. SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DEL MATERIAL VEGETAL	27
2.7. CORTE Y TRATAMIENTO DE ESTACAS	28
2.8. COLOCACIÓN DE LAS ESTACAS EN EL LECHO DE ENRAIZAMIENTO	28
2.9. CONDICIONES QUE DEBEN CONSIDERARSE EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA	29
2.9.1. Época del año.....	29
2.9.2. Condiciones nutricionales de la planta	29
2.9.3. Edad de la planta madre.....	29
2.9.4. Tipo de madera seleccionada para la estaca	30
2.9.5. Diferencias entre las diversas partes de la rama	30
2.9.6. Longitud y diámetro de las estacas	31
2.10. FITOREGULADORES EN LA PROPAGACIÓN DE ESTACAS	31
2.10.1. Fitoreguladores auxínicos.....	31
2.10.2. Ácido indol -3- butírico	31
2.11. FACTORES FÍSICOS QUE FAVORECEN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS.....	32
2.11.1. Temperatura.....	32
2.11.2. Humedad ambiental.....	32
2.11.3. Agua	32
2.11.4. Luz.....	33
2.12. SUBSTRATOS DE ENRAIZAMIENTO	33
2.12.1. Arena	33
2.12.2. Estiércol de Ovino	33



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	34
3.2. FECHA DE EJECUCIÓN	34
3.3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS	34
3.3.1. Temperatura	34
3.4. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL SUELO EXPERIMENTAL	35
3.5. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DE ESTIÉRCOL DE OVINO.....	36
3.6. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE AGUA	37
3.7. MATERIAL EXPERIMENTAL	37
3.7.1. Estacas de álamo	37
3.7.2. Substratos.....	38
3.7.3. Ácido indol 3 butírico	38
3.8. MATERIALES DE CAMPO.....	38
3.9. FACTORES EN ESTUDIO	38
3.9.1. Factor L: Longitud de estaca	38
3.9.2. Factor D: Dosis de Ácido indol butírico.	39
3.9.3. Tratamientos experimentales	39
3.9.4. Diseño experimental	39
3.10. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO	40
3.11. METODOLOGÍA DE CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	40
3.11.1. Recolección de estacas de álamo y preparación del material vegetal	40
3.11.2. Preparación del sustrato.....	41
3.11.3. La desinfección de los sustratos	41
3.11.4. Embolsado de sustrato	41
3.11.5. Riego de sustrato embolsado	41
3.11.6. Preparación de la solución concentrada de ácido indol 3 butírico	42
3.11.7. Aplicación de ácido indol 3 butírico en estacas.	42
3.11.8. El repicado de estacas.....	42
3.11.9. Manejo de las estacas para producción de plantones.	42
3.12. VARIABLES DE RESPUESTA Y OBSERVACIONES	42
3.12.1. Variables de respuesta	42
3.12.2. Observaciones.....	43



3.13. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE VARIABLES DE RESPUESTA.....	44
3.13.1. Incremento de altura (cm/plantón)	44
3.13.2. Numero de brotes (No/plantón).....	44
3.13.3. Longitud de brotes (cm/brote).....	44
3.13.4. Numero de raíces (No/plantón)	44
3.13.5. Longitud de la raíz (cm/raíz)	44
3.13.6. Tiempo de enraizamiento (días/tratamiento).....	44

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. INCREMENTO DE ALTURA.....	45
4.1.1. Primer mes de evaluación	45
4.2. NUMERO DE BROTES	54
4.3. LONGITUD DE BROTES.....	57
4.4. NUMERO DE RAÍCES	60
4.5. LONGITUD DE RAÍZ.....	63
4.6. TIEMPO DE ENRAIZAMIENTO	66
V. CONCLUSIONES.....	71
VI. RECOMENDACIONES	72
VII. BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS.....	80

Área: Ciencias Agrícolas

Tema: Manejo agronómico de hortalizas, forestales plantas ornamentales, aromáticas y medicinales

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 13 DE ENERO DEL 2020



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Temperaturas registradas en el invernadero.....	35
Figura 2. Incremento de altura de plantón según factor longitud de estacas al primer mes de evaluación.	84
Figura 3. Incremento de altura de plantón según factor dosis de Ácido Indol Butírico al primer mes de evaluación.	84
Figura 4. Incremento de altura de plantón según la interacción de longitud de estacas más dosis de Ácido Indol Butírico al primer mes de evaluación.....	84
Figura 5. Incremento de altura de plantón según factor longitud de estacas al segundo mes de evaluación.	85
Figura 6. Incremento de altura del plantón según factor dosis de Ácido Indol Butírico al segundo mes de evaluación.....	85
Figura 7. Incremento de altura del plantón según factor longitud de estacas más dosis de Ácido Indol 3 Butírico al segundo mes de evaluación.....	85
Figura 8. Incremento de altura del plantón según factor longitud de estacas al tercer mes de evaluación.	86
Figura 9. Incremento de altura de plantón según factor dosis de Ácido Indol 3 Butírico al tercer mes de evaluación.	86
Figura 10. Incremento de altura del plantón según factor longitud de estacas más dosis de Ácido Indol 3 Butírico al tercer mes de evaluación.....	86
Figura 11. Numero de brotes según factor longitud de estacas al final de evaluación..	87
Figura 12. Número de brotes según factor dosis de Ácido Indol 3 Butírico al final de evaluación.	87
Figura 13. Número de brotes según factor longitud de estacas más dosis de Ácido Indol 3 Butírico al final de evaluación.	87
Figura 14. Longitud de brotes según factor longitud de estacas al final de evaluación.	88
Figura 15. Longitud de brotes según factor dosis de Ácido Indol 3 Butírico al final de evaluación.	88
Figura 16. Longitud de brotes según factor longitud de estacas más dosis de Ácido Indol 3 Butírico al final de evaluación.....	88
Figura 17. Numero de raíces según factor longitud de estacas al final de evaluación. .	89



Figura 18. Numero de raíces según factor dosis de Ácido Indol 3 Butírico al final de evaluación.	89
Figura 19. Número de raíces según factor longitud de estacas más dosis de Ácido Indol Butírico al final de evaluación.	89
Figura 20. Longitud de raíces según factor longitud de estacas al primer mes de evaluación.	90
Figura 21. Longitud de raíces según factor dosis de Ácido Indol Butírico al final de evaluación.	90
Figura 22. Longitud de raíz según factor longitud de estacas más dosis de Ácido Indol 3 Butírico al final de la evaluación.	90
Figura 23. Tiempo de enraizamiento según factor longitud de estacas.	91
Figura 24. Tiempo de enraizamiento según factor dosis de Ácido Indol 3 Butírico.	91
Figura 25. Tiempo de enraizamiento según factor longitud de estacas más dosis de Ácido Indol 3 Butírico.	91
Figura 26. Croquis diseño experimental.	92
Figura 27. Insumos y ácido indol 3 butírico, 08 de octubre 2018.	96
Figura 28. Cortado biselado de estacas de álamo, aproximadamente 2 centímetros, 09 de octubre del 2018.	96
Figura 29. Estacas de álamo de longitudes de 10,20 y 40 cm, 09 de octubre del 2018.	97
Figura 30. Pesado en (g) del enraizante AIB vertidos en una probeta de 100 ml de solución, 09 de octubre del 2018.	97
Figura 31. Inmersión de las estacas por dosis de ácido indol 3 butírico, 09 de octubre del 2019.	98
Figura 32. Hoyado de las bolsas para ser plantados, 09 de octubre del 2018.	98
Figura 33. Repicado de estacas de álamo (cada unidad experimental), 09 de octubre del 2018.	99
Figura 34. Etiquetado y letrero de los tratamientos (cada unidad experimental), 12 de octubre del 2018.	99
Figura 35. Evaluación de incremento de altura de brotes, 02 de diciembre del 2018.	100
Figura 36. Riego con una regadora a todos tratamientos de estudio.	100
Figura 37. Evaluación de incremento de altura de brotes, 31 de diciembre del 2018.	101
Figura 38. Crecimiento de las diferentes longitudes y tratamientos del experimento, 09 de enero del 2019.	101



Figura 39. Verificación de la tesis por el director Ing. M. Sc. Francis Miranda Choque, 08 de enero 2019.	102
Figura 40. Diferentes longitudes de las raíces con dosis de 800,400 y 000 ppm de ácido indol butírico, 09 de enero del 2019.	102
Figura 41. Resultados de estaca de álamo con longitud de 10 cm con dosis de ácido indol butírico de 800, 400 y 000 ppm, 09 de enero del 2019.	103



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis físico-químico del suelo.....	36
Tabla 2. Análisis físico – químico de estiércol de ovino.	36
Tabla 3. Análisis físico - químico de agua.....	37
Tabla 4. Tratamientos experimentales de la investigación	39
Tabla 5. Análisis de varianza (ANVA).....	39
Tabla 6. Dosis de ácido indol 3 butírico por estaca	42
Tabla 7. Análisis de varianza para el incremento de altura (cm/plantón) al primer mes de evaluación.....	45
Tabla 8. Prueba de Tukey para el incremento de altura de plantón bajo el factor de longitud de estacas al primer mes de evaluación.	46
Tabla 9. Prueba de Tukey para incremento de altura de plantón según dosis de ácido al primer mes de evaluación.....	47
Tabla 10. Prueba de Tukey para el incremento de altura bajo la interacción de longitud de estacas más dosis de ácido Indol 3 butírico al primer mes de evaluación.	48
Tabla 11. Análisis de varianza para el incremento de altura cm/plantón al Segundo mes de evaluación.....	49
Tabla 12. Prueba de Tukey para el incremento de altura del plantón bajo el factor de longitud de estacas al segundo mes de evaluación.....	49
Tabla 13. Prueba de Tukey para incremento de altura según dosis de ácido indol butírico al segundo mes de evaluación.....	50
Tabla 14. Prueba de Tukey para el incremento de altura bajo la interacción de longitud de estacas más Dosis de ácido Indol 3 butírico al segundo mes de evaluación.	51
Tabla 15. Análisis de varianza para el incremento de altura cm/plantón al Tercer mes de evaluación.....	52
Tabla 16. Prueba de Tukey para el incremento de altura de plantón bajo el factor de longitud de estacas al tercer mes de evaluación.	52
Tabla 17. Prueba de Tukey para el incremento de altura según dosis de ácido al tercer mes de evaluación.	53



Tabla 18. Prueba de Tukey para el incremento de altura bajo la interacción de longitud de estacas más Dosis de ácido Indol 3 butírico al tercer mes de evaluación.	54
Tabla 19. Análisis de varianza para el número de brotes al final de la evaluación.	55
Tabla 20. Prueba de Tukey para el numero de brotes el factor de longitud de estacas al final de evaluación.	55
Tabla 21. Prueba de Tukey para el número de brotes según dosis acido de ácido indol butírico en estacas al final de evaluación.	56
Tabla 22. Prueba de Tukey para el numero de brotes bajo la interacción de longitud de estacas más Dosis de ácido Indol 3 butírico al final de la evaluación.	57
Tabla 23. Análisis de varianza para la longitud de brotes al final de la evaluación.	58
Tabla 24. Prueba de Tukey para la longitud de brotes bajo el factor de longitud de estacas al final de evaluación.	58
Tabla 25. Prueba de Tukey para la longitud de brotes según dosis de estacas al final de evaluación.....	59
Tabla 26. Prueba de Tukey para la longitud de brotes bajo la interacción de longitud de estacas más Dosis de ácido Indol 3 butírico al final de evaluación.	60
Tabla 27. Análisis de varianza de número de raíces al final de evaluación.....	61
Tabla 28. Prueba de Tukey para el numero de raíces bajo el factor de longitud de estacas al final de evaluación.	61
Tabla 29. Prueba de Tukey para la numero de raíces según dosis de ácido indol butírico en estacas al final de evaluación.	62
Tabla 30. Prueba de Tukey para número de raíces bajo la interacción de longitud de estacas más Dosis de ácido Indol 3 butírico al final de evaluación.	63
Tabla 31. Análisis de varianza de la longitud de raíz al final de la evaluación.	63
Tabla 32. Prueba de Tukey para la longitud de raíces bajo el factor de longitud de estacas al final de la evaluación.	64
Tabla 33. Prueba de Tukey para la longitud de raíz según dosis de ácido indol butírico de estacas al final de evaluación.	64
Tabla 34. Prueba de Tukey para la longitud de raíz bajo la interacción de longitud de estacas más Dosis de ácido indol 3 butírico al final de la evaluación.....	65
Tabla 35. Análisis de varianza para el tiempo de enraizamiento de plantones de álamo	66
Tabla 36. Prueba de Tukey para el tiempo de enraizamiento bajo el factor de longitud de estacas.....	67



Tabla 37. Prueba de Tukey para el tiempo de enraizamiento según dosis de ácido indol butírico en estacas al final de la evaluación.	68
Tabla 38. Prueba de Tukey para tiempo de enraizamiento bajo la interacción de longitud de estacas más Dosis de ácido Indol 3 butírico.....	69



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AIB= Acido Indol 3 Butirico

AIA= Acido Indol Acetico

UTM= Universal Transverse Mercator

Pr= Promedio

Ppm = Partes por millón

Cv= Coeficiente de variabilidad.



RESUMEN

Existen limitaciones en la propagación vegetativa del álamo, a pesar que la región Puno demanda especies forestales; el trabajo se realizó en el invernadero de la UNA-Puno. Los objetivos fueron: a) Evaluar las características morfológicas vegetativas de plantones de álamo a partir de tres longitudes de estacas. b) Evaluar el efecto de la dosis de 000, 400 y 800 ppm de la fitohormona enraizante ácido indol butírico en tres longitudes de estacas sobre el tiempo de producción de plantones. El material biológico fue estacas de álamo, procedentes de la Ciudad Universitaria. El sustrato fue tierra agrícola, estiércol de ovino y arena obtenido de la comunidad de Capullani. El ácido indol 3 butírico, fue Rapid Root. Los factores en estudio fueron: 3 longitudes de estacas (10, 20 y 40 cm) y 3 dosis del AIB (000, 400 y 800 ppm). La tierra agrícola, el estiércol de ovino y la arena fueron tamizados con malla N° 10 de 2 mm. Se preparó la solución concentrada disolviendo la fitohormona en proporciones de 400 y 800 ppm, la preparación de la solución líquida fue de 50 ml de alcohol (etanol) al 96% y 50 ml de agua destilada. Se condujo en un Diseño Completamente al Azar, con Arreglo Factorial de 3 x 3, con un total de 9 tratamientos y 10 repeticiones. Los resultados fueron: a) Las características morfológicas: En incremento de altura existe diferencia estadística significativa; sobresale la estaca de longitud de 40 cm. alcanzando un desarrollo de 25.16 cm; en cambio, la menor altura fue en la estaca de longitud de 10 cm. En número de brotes la estaca de longitud de 40 cm presentó 2.43 brotes; en cambio, la menor fue en la estaca de longitud de 10 cm. En longitud de brote, la estaca de longitud de 20 cm alcanzó 15.84 cm; en cambio, la menor fue en la estaca de longitud de 40 cm, con 11.28 cm. En número de raíces las estacas de longitud de 20 cm, contienen mayor número de raíces. En longitud de raíz la estaca de longitud 20 cm presentó la mayor longitud de raíz superando a los demás tratamientos. b) El efecto de la dosis de la fitohormona en las estacas sobre el tiempo de producción de plantones existe diferencia estadística altamente significativa, es decir, la aplicación de la dosis de 800 ppm estimula el desarrollo vegetativo en el menor tiempo desde 10 hasta 13 días; en cambio, en el testigo demora mayor tiempo fluctuando entre 19 a 26 días.

Palabras claves: Ácido indol butírico, álamo, fitohormona, Propagación



ABSTRACT

There are limitations in the vegetative propagation of the poplar, although the Puno region demands forest species; The work was carried out in the greenhouse of UNA-Puno. The objectives were: a) Evaluate the vegetative morphological characteristics of poplar seedlings from the three lengths of stakes. b) Evaluate the effect of 000, 400, 800 ppm the dose of rooting phytohormone indole butyric acid on three lengths of poplar stakes on the time of seedling production. The biological material was poplar stakes, coming from the University City. The substrate was agricultural land, sheep and sand dung obtained from the community of Capullani. The indole 3 butyric acid was Rapid Root. The factors under study were: 3 lengths of stakes (10, 20 and 40 cm) and 3 doses of the AIB (000, 400 and 800 ppm). Agricultural land, sheep manure and sand were screened with mesh No. 10 of 2 mm. The concentrated solution was prepared by dissolving the phytohormone in proportions of 400 and 800 ppm, the preparation of the liquid solution was 50 ml of 96% alcohol (ethanol) and 50 ml of distilled water. It was conducted in a Completely Random Design (DCA), with a 3 x 3 Factorial Arrangement, with a total of 9 treatments and 10 repetitions. The results obtained were: a) The morphological characteristics: In height increase there is significant statistical difference; the stake of 40 cm length stands out. reaching a development of 25.16 cm; on the other hand, the lowest height of the plant was in the 10 cm length stake. In number of shoots the stake of 40 cm length presented 2.43 shoots; instead, the smallest number of shoots was the 10 cm length stake. In sprout length, the 20 cm length stake reached 15.84 cm; instead, the shortest sprout length was in the 40 cm length stake, with 11.28 cm. In number of roots, the 20 cm length stakes contain a greater number of roots, which has an impact on the greater absorption of nutrients. In length of root the stake of length 20 cm presented the greatest root length surpassing the other treatments. b) The effect of the phytohormone dose on the three lengths of poplar stakes on the time of seedling production exists a highly significant statistical difference, that is, the application of the 800 ppm dose stimulates vegetative development in the shortest time since 10 to 13 days; on the other hand, in the witness treatment it took a greater number of days ranging from 19 to 26 days.

Keywords: Butyric indole acid, poplar, phytohormone, Propagation.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El álamo (*Populus deltoides* Bartr.) es una especie forestal de distribución amplia, se extiende por el sur, centro y este de Europa, centro y oeste de Asia y norte de África ; en Sudamérica, se encuentra cultivado en mayor extensión en Chile y Argentina (Spavento y Keil, 2013); hoy en día esta especie posee carácter cosmopolita, va desde el Océano Atlántico hasta el oeste de Norteamérica (Gutiérrez, 2006), los álamos han sido de utilidad para la humanidad gracias a su rápido crecimiento juvenil, facilidad de propagación vegetativa, buena capacidad de rebrote, adaptabilidad a diferentes sitios, alta plasticidad en respuesta a los cambios ambientales y variados usos de la madera (Dickmann, 2001), además de suministrar una amplia gama de productos madereros y no madereros, también brinda servicios sociales y ambientales que impactan en la utilización sostenible de tierras por parte de las poblaciones y en sus sistemas de vida y desarrollo (FAO, 2008); recientemente su uso viene incrementándose en aplicaciones ambientales, como la recuperación de sitios contaminados como fuente de fitorremediación y también es usado en sistemas agroforestales (Barros, 2009).

La región del altiplano, ofrece las condiciones agroecológicas para este género por adaptarse a las temperaturas del ambiente, a las condiciones de precipitación pluvial y suelos francos. En consecuencia, la propagación vegetativa de álamo puede constituir un factor biológico ambiental de forestación, protección y generación de ingresos en la producción plantones en los viveros de la región.

El álamo es la especie muy preferida en la ciudad de Puno, debido a su gran belleza paisajística demostrando su importancia como planta ornamental y al mismo tiempo brinda beneficio al medio ambiente. Esta especie forestal embellece las plazas, avenidas, parques, jardines y cercos vivos en las parcelas de cultivos agrícolas, ya que presenta una postura elegante y bien vista; asimismo la producción de plantones a nivel de productores y viveristas constituye una fuente de trabajo y un medio para mejorar ingresos socioeconómicos de la familia.



La razón de la presente investigación fue establecer, un adecuado método de reproducción asexual, para maximizar los rendimientos, a niveles económicamente aceptables en la producción de plantones de álamo, con diferentes longitudes de estacas y diferentes proporciones de concentración con fitohormonas enraizantes.

Basándose en las anteriores consideraciones, se planificó la ejecución del estudio con la utilización de diferentes longitudes de estacas de álamo con la aplicación de fitohormonas enraizantes; el principal propósito fue detectar una alternativa de propagación de plantones de álamo, pues existe necesidad en la región de contar con plantones de álamos, las que podrían ser producidas de acuerdo a las recomendaciones del trabajo de estudio. En tal sentido, los objetivos del presente trabajo de investigación fueron:

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar la propagación vegetativa del álamo (*Populus deltoides* Bartr.) con aplicación de distintas dosis de enraizante Ácido Indol butírico en el invernadero UNA-Puno.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar las características morfológicas vegetativas de los plantones de álamo a partir de las tres longitudes de estacas en condiciones de invernadero de la UNA.
- Evaluar el efecto de la dosis de 000, 400 y 800 ppm de la fitohormona de enraizamiento Acido Indol Butírico en tres longitudes de estacas de álamo sobre el tiempo de producción de plantones.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1.1. Centro de origen del álamo (*Populus deltoides* Bartr).

El álamo (*Populus deltoides* Bartr) es una especie que pertenece a la familia Salicaceae, su origen es en la Cuenca del Mediterráneo, Asia. Son resistentes a cambios de temperatura ambiental y algunas heladas. Se desarrollan en suelos pobres, arcillosos o calcáreos (Villarando *et al.*, 2011). Asimismo, COFSF (2016) indica, que una especie de hoja caduca, de clima templado y con posibilidad de reproducción asexual mediante porciones de tallo y ramas dado el fácil enraizamiento de estacas.

2.1.2. Nombres comunes

Algunos nombres que se le conoce son: alemo, blancón, chopo, chopo blanco, chopo silvestre, álamo, álamo alvar, álamo blanco, álamo-blanco, álamo blanquillo, álamo común, álamo plateado, peralejo, pobo.

2.1.3. Posición taxonómica

Según (García, 2012); menciona que la clasificación taxonómica del álamo desde el punto de vista botánico de la siguiente manera:

Reino:	Vegetal
Subreino:	Phanerogamae
División:	Angiospermae
Clase:	Dicotyledoneae
Subclase:	Archychlamydeae
Orden:	Salicales
Familia:	Salicaceae
Genero:	<i>Populus</i>
Especie:	<i>Populus deltoides</i> Bart.
Nombre común:	Alamo, chopo, peralejo, pobo.



2.1.4. Descripción botánica

Las especies del género *Populus* son árboles de madera blanda, con corteza, fisurada y ramas extendidas; semiperenes con ramificación monopodial, muchas de ellas se reproducen mediante la emisión de brotes de sus raíces yemíferas o el enraizamiento de tallos aéreos, característica de gran importancia en el establecimiento y manejo de sus plantaciones, presenta un hábito de crecimiento heteroflico (Pruett, 1991).

2.1.5. Tallo y ramas

En correspondencia con su hábito de crecimiento rápido y casi ininterrumpido durante la estación favorable, presenta ramas delgadas y cilíndricas, su madera es clara, liviana, con porosidad difusa lo que hace que sus anillos de crecimiento sean difíciles de individualizarlos para determinar su edad, cuya altura en árboles con crecimiento libre puede llegar a 30 m y de longevidad corta (menor a 100 años) (FAO, 1996).

2.1.6. Hojas

Las hojas son pequeñas coriáceas, romboidales, simples y alternas, sobre ramos cortos, más o menos deltoides sobre ramos largos, pecioladas con el peciolo aplanado transversalmente, estipuladas y con pelos glandulosos en los bordes, la forma es básicamente oval a triangular con lóbulos de distinta profundidad y nerviación palmatopinada (Enríquez y Paredes, 1989).

2.1.7. Inflorescencia

El álamo es una especie dioica (Flores masculinas son grandes y rojizas, en amentos colgantes, flores femeninas son de color amarillo-verdoso sobre pies separados) que, en su mayoría florecen antes de la foliación en primavera, a partir de yemas especializadas que contienen las inflorescencias preformadas (García, 2012).

2.1.8. Fruto

Los frutos son cápsulas donde sus semillas maduran más o menos al mismo tiempo que las hojas preformadas coincidiendo con la época de mayor humedad del suelo. Las



semillas son no durmientes y de escasas reservas por lo que si fracasan en germinar perecen en pocos días (García, 2012).

2.1.9. Sistema radicular

Las plantas provenientes de semilla tienen una raíz pivotante o primaria, mientras que las plantas provenientes de estacas enraizadas el sistema radical es siempre en forma de abanico, la raíz pivotante también se puede formar a partir de chupones. (Barros, 1981).

La raíz principal o primaria puede alcanzar de 30 a 40 cm de longitud, en 4 y 5 meses, 8 a 9 m al cabo de 5 y 6 años. A los 10 años aproximadamente, la raíz primaria ha alcanzado prácticamente su desarrollo definitivo y su longitud varía de 1.80 a 2.50 m, aunque no es difícil encontrar ejemplares que sobrepasen los 2.5 m, estando muy relacionado con la exigencia de la planta (Enríquez y Paredes, 1989).

Las raíces secundarias se encuentran inmediatamente debajo del sitio de unión de la raíz con el tallo o cuello, distribuyéndose en su mayoría a los 15 a 20 cm. inferiores de la capa arable del suelo, llegando a alcanzar distancias de 5 a 6 m, a partir del tronco; crecen perpendicularmente en relación al tallo, tienen raíces laterales y se dividen repetidamente, cambiando la dirección de acuerdo a los obstáculos del suelo (Vera *et al.*, 1998).

2.2. PROPAGACIÓN VEGETATIVA POR ESTACAS

La propagación vegetativa o asexual surge como una alternativa de producción de plantas con el mismo genotipo de la planta madre, esta reproducción se obtiene a partir de una célula, un tejido o un órgano (raíces, tallos, ramas, hojas) de la planta madre. En teoría cualquier parte de órgano vegetal puede dar origen a otra de iguales características (Hartmann *et al.*, 2002).

La propagación está basada en la Totipotencia de la célula vegetal expresada a través del cultivo de células y/o tejido. La propagación vegetativa es parte o secciones cortadas a partir de una planta progenitora y estimuladas a crecer; todas las plantas producidas vegetativamente a partir de un progenitor original son llamadas clones, identificadas a sus padres (Duarte, 1984).

La propagación asexual es aquella propagación de la planta empleando partes vegetativas de la misma para generar un organismo completo, la reproducción puede ocurrir mediante



la formación de raíces adventicias; la propagación vegetativa es asexual cuando se presentan divisiones mitóticas de las células, que duplican el genotipo de la planta, esta duplicación genética se designa clonación (Hartman y Kester, 1986).

En muchas especies los órganos vegetativos tienen la capacidad de regeneración, permitiendo conservar las características morfológicas intrínsecas a través de regeneración y ganar mucho tiempo en el desarrollo de las plantas. Estas características naturales se pueden aprovechar para reproducir árboles sobresalientes y capaces de crecer en condiciones adversas (Suarez, 1997).

2.2.1. Usos e importancia de la propagación vegetativa

Según Uribe *et al.* (2011), la reproducción asexual tiene varios usos:

- La reproducción vegetativa es posible realizarla porque cada célula vegetal contiene características genéticas necesarias para generar una nueva planta.
- Las estacas y acodos de las hojas y tallos tienen capacidad para formar raíces, pudiendo constituir un nuevo sistema de brotaciones. Los bulbos y rizomas también pueden regenerar tanto raíces como tallos.
- Es conocido que de una célula individual puede iniciar una nueva planta, sea de forma adventicia en plantas completas o en sistemas de cultivo aséptico. Al respecto vale destacar que a la propiedad de las células vegetativas vivientes de regenerar organismos completos se la denomina “totipotencia”.
- En base a esta característica genética se han logrado regenerar plantas completas en cultivos asépticos, a partir de células individuales de la medula de diferentes plantas, resultando plantas idénticas a aquellas de donde se tomaron células individuales.

A través de la selección se puede obtener individuos sobresalientes con las características deseadas; desde el punto teórico, es posible obtener mayores ganancias genéticas propagando vegetativamente individuos seleccionados, estos genotipos únicos se pierden en la reproducción sexual y puede ser difícil a volver a obtenerlo (Rodríguez, 1996).

Uno de los usos de la propagación vegetativa es la conservación de los recursos genéticos de muchas especies que están en peligro de extinción, además de las especies que no son fáciles de reproducir por métodos sexuales. También facilita y garantiza la producción de



frutos, esto permite el tiempo de reproducción ya que en las partes propagadas tienen cierta madurez fisiológica (Trujillo, 1989).

La reproducción por vía vegetativa, es de gran valor para la supervivencia de las plantas, pues muchas especies vegetales que no llegan a producir semillas, se caracteriza por la capacidad de propagación por vía asexual (por ramillas, estacas y acodos); permitiendo realizar trabajos de investigación en la reproducción vegetativa (Heede, 1981).

2.3. TIPOS DE ESTACAS

2.3.1. Estacas leñosas

Hartman y Kester (1987), manifiestan que las estacas leñosas son aquellas que se obtienen de una planta establecida, para ello se eligen las ramas de uno o de más años de edad y que normalmente ya han dejado de ser verdes. Las estacas se toman de las plantas madres a fines de otoño y se plantan en los viveros hasta fines de invierno. El tamaño de las estacas varía desde 15 hasta 20 cm de largo y desde 0.5 hasta 2 cm de diámetro.

2.3.2. Estacas semileñosas

Hartman y Kester (1987), afirman que las estacas semileñosas son aquellos que se obtiene de ramas jóvenes y que todavía no han lignificado del todo, normalmente se usan estacas de 20 a 30 cm de longitud y de 0.5 a 1 cm de diámetro.

2.3.3. Estacas herbáceas

Hartman y Kester (1986), manifiestan que, se obtiene de plantas o ramas herbáceas o de partes muy tiernas de la planta. Normalmente estas estacas son de 10 a 15 cm de longitud y de 0.5 cm de diámetro. Estas estacas se obtienen a partir del crecimiento de la estación en curso a mediados de primavera hasta fines de verano, dependiendo de la época en que la corteza se vuelva dura. El enraizamiento es rápido puede durar de 14 a 21 días, al final de la estación las estacas se pueden trasplantar a sitios definitivos.

2.3.4. Estacas terminales con hojas

Charles y Ore (1989), son aquellas que se obtienen de la punta de los tallos en pleno crecimiento. Este tipo de estacas se emplea cuando los otros no funcionan bien, ya que este material tiene las mayores posibilidades de prender, pero tienen que ser puestas en



un ambiente especial para que puedan lograrse, de lo contrario pueden marchitarse muy fácilmente y secarse.

2.4. MÉTODOS DE PROPAGACIÓN ASEXUAL

2.4.1. Propagación asexual natural

2.4.1.1. Propagación por bulbos

Se desarrollan sobre tallos cortos y engrosados, a partir de yemas axilares de hojas carnosas. De éstas obtienen elementos de reserva, a diferencia de los cormos que las obtienen a partir del tallo, lo cual les permite producir rápidamente raíces adventicias. Se desarrollan subterráneamente en forma de tallos carnosos, cubiertos con hojas engrosadas a manera de escamas que funcionan como órganos de reserva (Huanca, 2000).

2.4.1.2. Propagación por rizomas

Otras plantas se extienden por medio de tallos subterráneos denominados *rizomas*, que crecen bajo la superficie de la tierra. Su aplicación se da en: plantas aromáticas como el “jengibre” (*Zingiber officinale*), “menta” (*Mentha piperita*), “orégano” (*Oréganum vulgare*), “estragón” (*Artemisia dracunculus*) y “romero” (*Rosmarinus officinalis*) se reproducen a través de rizomas. Algunas malezas como, el “quicuyo” (*Pennisetum clandestinum*) y otras consideradas como plagas, son muy difíciles de controlar porque se extienden también por medio de estolones o rizomas (Gallowey y Borgo, 1993).

2.4.1.3. Propagación por tubérculos

Los tubérculos son tallos subterráneos engrosados por acumulación de sustancias alimenticias, y sirven también como medio de reproducción. Ejemplos típicos de tubérculos son las “papas” (*Solanum tuberosum*) y las “batatas” (*Ipomoea batatas*). Algunas de las variedades de papa que se cultivan casi nunca producen semillas, y deben ser propagadas plantando un trozo de tubérculo que tenga una yema u “ojo” del cual surgirán nuevas raíces y tallos. De esta forma se origina una nueva planta de papa, genéticamente idéntica a la que le dio origen (Gallowey y Borgo, 1993).

2.4.1.4. Propagación por estolones:

Los estolones son tallos especiales modificados, producidos por algunas plantas, que crecen en el terreno en forma horizontal. Pueden ser tallos postrados o desparramados



que crecen sobre el terreno, como se encuentra en algunas especies leñosas. El término describe también las estructuras horizontales de tallo que se presentan en el “pasto Bermuda” (*Cynodon dactylon*) y en la “menta” (*Mentha piperita*). En la tuberización intervienen tallos subterráneos semejantes a estolones. Se aplican en especies como: menta, hierbabuena, fresas o frutillas (Gallowey y Borgo, 1993).

2.4.2. Propagación asexual artificial

2.4.2.1. Acodos

El acodado es un método de propagación en el cual se provoca la formación de raíces adventicias a un tallo que está todavía adherido a la planta madre. Luego, el tallo enraizado, acodado, se separa para convertirlo en una nueva planta que crece sobre sus propias raíces (Pretell *et al.*, 1985).

También los mismos autores mencionan que, el acodado puede considerarse como una preparación para divisiones subsecuentes. Puede ser un medio natural de reproducción como en la frambuesa o puede inducirse por los métodos "artificiales" que se describen más adelante.

La rama acodada sigue recibiendo agua y minerales debido a que no se corta el tallo y el xilema permanece intacto. En consecuencia, el acodado no depende del período de tiempo que una rama separada (estaca) puede mantenerse antes de que se efectúe el enraizado. Esta es una de las razones importantes por qué en muchas plantas se tiene más éxito al propagarlas por acodos que por estacas (Pretell *et al.*, 1985).

2.4.2.2. Estacas

En la propagación por estacas, una parte del tallo, de la raíz o de la hoja se separa de la planta madre, se coloca bajo condiciones ambientales favorables y se le induce a formar raíces y tallos, produciendo así una nueva planta independiente, que en la mayoría de los casos es idéntica a la planta de la cual procede (Chavarry, 1989).

Este es el método más importante para propagar especies forestales. Las estacas también se usan ampliamente en la propagación comercial en invernadero de muchas plantas con flores de ornato y se usa en forma común para propagar diversas especies de frutales (Bognetteau, 1997).



Muchas plantas pueden propagarse con resultados satisfactorios por medio de estacas. En un diagnóstico ecológico de especies arbóreas, los métodos de propagación por estaca, en especies de buena capacidad de rebrote se puede conseguir estacas enraizadas de calidad, que respondan bien y rápidamente al trasplante presentando una gran uniformidad y sean la mejor base para alcanzar plantas de calidad (Huanca, 2000).

Si la planta específica que se desea propagar enraíza bien por estacas de madera dura en un vivero a la intemperie, se prefiere este método por su sencillez y bajo costo. En algunas especies las estacas de raíz también son satisfactorias, pero puede ser difícil de conseguir material en cantidades grandes. En especies más difíciles de propagar, es necesario hacer que enraícen estacas con hojas, lo cual requiere instalaciones más costosas y complicadas (Huanca, 2000).

Al escoger material para estacas es importante usar plantas madres que estén libres de enfermedades, que sean moderadamente vigorosas y productivas y de identidades conocidas. Las plantas madres enfermas o dañadas por heladas o sequías, que han sido desfoliadas por insectos o enfermedades, que han quedado achaparradas por fructificación excesiva o que han tenido un desarrollo exuberante y demasiado vigoroso, deben evitarse (Huanca, 2000).

2.5. FISIOLÓGICA DE LA PROPAGACIÓN POR ESTACAS

2.5.1. Formación de raíces adventicias

Las raíces adventicias son de dos tipos: raíces preformadas y raíces de lesiones. Las primeras se desarrollan naturalmente en los tallos o ramas cuando todavía están adheridas a la planta madre. Las raíces de lesiones se desarrollan solo después de que se ha hecho la estaca (Biwell, 1979).

Hartmann y Kester (1987) indican que, cuando se hace una estaca, las células vivientes que están en las superficies cortadas son lesionadas, quedando expuestas las células muertas y conductoras del xilema. El proceso subsecuente de cicatrización y regeneración ocurre en tres pasos:

- Primero, al morir las células externas lesionadas, se forma una placa necrótica que sella la herida con un material suberoso y tapa el xilema con goma. Esta placa protege las superficies cortadas de la desecación.



- Segundo, después de unos cuantos días, las células que están detrás de esa placa empiezan a dividirse y se puede formar una capa de células de parénquima (callo).
- Tercero, en ciertas células próximas al cambium vascular y al floema se empiezan a iniciar raíces adventicias.

Por lo general, el origen y desarrollo de las raíces adventicias se efectúa cerca de los nudos y justamente fuera del núcleo central de tejido vascular. Al salir del tallo las raíces adventicias forman una cofia y los tejidos usuales de la raíz, así como las conexiones vasculares completas con el tallo de que se originan. Las raíces adventicias usualmente se originan dentro del tallo (endógenamente) cerca del cilindro vascular, justo fuera del cambium (Cutler, 1978).

2.5.2. Formación del callo

El callo es una masa irregular de células de parénquima en varios estados de lignificación que se desarrolla en condiciones ambientales favorables para el enraizamiento. Este prolifera de células jóvenes que se encuentran en la base de la estaca en la región del cambium vascular, aunque también pueden contribuir células de la corteza y de la medula. Como la mayoría de las primeras raíces adventicias aparecen a través del tallo existe la creencia de que la formación del callo es esencial para el enraizamiento (Fernández, 1985).

2.6. SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DEL MATERIAL VEGETAL

Cuando un árbol cabeza de clon ha sido escogido para una multiplicación vegetativa, es posible extraer cierto número de ramas para constituir estacas, pero siempre en cantidad limitada (Vera *et al.*, 1998).

Estas ramas que se escogen preferentemente de la parte sombreada del árbol, proporcionan las primeras estacas arraigadas. Los resultados de esta primera multiplicación no son siempre muy satisfactorios, ya que es difícil, a veces, encontrar en un árbol la cantidad suficiente de ramas buenas para estacas (Cañaviri, 2007).

Es aconsejable seleccionar ramillas o varetas provenientes de la última porción de crecimiento de árboles que se encuentran bajo sombra definitiva; el crecimiento de donde



proviene la ramilla se distingue por presentar en su parte superior, un ligero cambio de color café a verde claro (Vera *et al.*, 1998).

2.7. CORTE Y TRATAMIENTO DE ESTACAS

Se seleccionan en la plantación unas cinco a diez plantas madres por hectárea y al fin de la cosecha, cuando haya comenzado el periodo de lluvias, se seleccionan en dichos arboles madres, ramas terminales y transversales, con las mismas condiciones que del acodo, se cortan y se transportan dentro agua o dentro de paja húmeda al vivero. Se remueve el 50 % de la superficie de cada hoja para reducir el área foliar de la evaporación se corta la última pulgada del tronco para reactivar los canales y se sumergen las estacas unos dos o tres centímetros en solución hormonal (Cañaviri, 2007).

Las ramas para las estacas se deben cortar en las primeras horas de la mañana, la longitud de la estaca es de 20 a 25 cm inmediatamente después de cortadas las estacas, se envuelven con tela húmeda para mantenerlas en condiciones apropiadas de humedad (Barros, 1981).

La base de la estaca se corta con ayuda de instrumentos bien afilados (cuchillas, tijeras de podar) mientras que el limbo de las hojas conservadas sobre las estacas se corta a la mitad o a un tercio. Una rama puede proporcionar, según los casos una o varias estacas. Si se dispone de poco material se preparan estacas con 4 o 5 hojas, por el contrario, el banco proveedor puede suministrar material en gran cantidad; se preparan estacas mayores de 6 o 7 hojas, cuyo desarrollo posterior será más rápido (Hernández, 1983).

2.8. COLOCACIÓN DE LAS ESTACAS EN EL LECHO DE ENRAIZAMIENTO

Los lechos de enraizamiento o canteros presentan el objetivo de recibir las estacas en condiciones óptimas, suelos mullidos y con la humedad requerida. Se procede a abrir zanjas transversales en el cantero de una profundidad igual a la parte de la estaca que va a enterrarse, y con una inclinación de 45° y una distancia que oscilará entre 20 cm y 35 cm una línea de otra según la especie y el tiempo que la estaca permanecerá en el terreno. Además se colocan las estacas inclinadas y se cubrirán con tierra hasta aproximadamente las $\frac{2}{3}$ partes del largo y a una distancia de 5 a 25 cm según la especie y el tamaño de la estaca (Duran, 1985).



2.9. CONDICIONES QUE DEBEN CONSIDERARSE EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA

Una propagación por estacas depende de las condiciones inherentes de los mismos (tipo de planta) y las condiciones ambientales durante la formación de las raíces, es decir que capacidad de la propagación vegetativa de una planta depende de la especie vegetal utilizando, factores ambientales y labores culturales desarrollados (Vélez, 1985).

Mientras Soto (1995), afirma que el éxito de la propagación depende las condiciones inherentes de los árboles madres y de las condiciones ambientales durante la formación de las raíces.

2.9.1. Época del año

La época del año recomendable es en el periodo de lluvias para la recolección de estacas, acodos o esquejes, debido a que las plantas tienen mayor actividad en la zona generatriz o cambium a la disponibilidad de buena humedad ambiental el cual permite un mayor prendimiento. (Pretell *et al.*, 1985).

2.9.2. Condiciones nutricionales de la planta

En cuanto a los requerimientos nutricionales durante el enraizamiento de las estacas, la aplicación de nutrientes no es necesario durante la fase de inducción, en vista que las estacas utilizan los nutrientes endógenos transportados basipetamente a partir de los brotes, esto es un aspecto relevante de la importancia del óptimo estado nutricional de la planta madre (Hartmann y Kester, 2002).

Para que pueda efectuarse la iniciación de raíces, el nitrógeno es importante para la síntesis de ácidos nucleicos y de proteínas, debajo de ese nivel mínimo de disponibilidad de nitrógeno se detiene la iniciación de raíces; asimismo, la cosecha de los brotes para la propagación debe realizarse en las mañanas cuando el material vegetal es turgente (Hartmann y Kester, 2002).

2.9.3. Edad de la planta madre

Cuando la planta se reproduce vegetativamente influyen factores como la edad de la planta madre, el tiempo de recolección de la estaca u otros, el sustrato empleado, las



condiciones climáticas y la adición de sustancias reguladoras de crecimiento (Trujillo, 1989).

Hartmann y Kester (2002), afirman que, las estacas obtenidas de árboles jóvenes arraigan más fácilmente que las obtenidas de árboles viejos. Un serio inconveniente según Puente (2008), es el factor de juvenilidad que es uno de los aspectos más relevantes para el éxito del enraizamiento de estacas. En muchas especies forestales es la edad ontogénica o fisiológica y no la edad cronológica, de las estacas que es la más importante para el éxito del enraizamiento.

Esto se efectúa en distintas fases tales como juvenil y adulta, separadas por una fase de transición. En casi todas las especies forestales se han enraizado con éxito estacas tomadas de plantas procedentes de semilla de 1-2 años de edad (Hartmann y Kester, 2002).

Pretell *et al.* (1985), recomiendan para lograr buenos resultados en la propagación vegetativa, la recolección de estacas se realiza de árboles viejos y aislados de las ramas que están ubicados en la parte media del árbol.

2.9.4. Tipo de madera seleccionada para la estaca

Se puede escoger desde las ramas terminales muy suculentas del crecimiento en curso, hasta grandes estacas de madera dura de varios años de edad. Es imposible establecer el tipo de material que sea mejor para todas las plantas. Lo que puede ser ideal para una planta, puede resultar una falla para otra (Hartmann y Kester, 2002).

2.9.5. Diferencias entre las diversas partes de la rama

Mesen (1998), indica que a lo largo de un brote se presentan gradientes hídricos, hormonales, de nutrientes e inhibidores de enraizamiento, variaciones en diámetro y longitud del entrenudo; se puede utilizar estacas provenientes de varias posiciones a lo largo del brote, aunque siempre hay que descartar el entrenudo apical por ser demasiado suculento y susceptible al marchitamiento

Del mismo modo el entrenudo basales muy lignificados que muestran mayor dificultad para la iniciación de las raíces. Generalmente a los brotes en toda su longitud se les clasifica como basal, media y apical, encontrándose en muchos casos que el mayor enraizamiento se obtiene en la porción media y basal (Mesen, 1998).



2.9.6. Longitud y diámetro de las estacas

La longitud y diámetro de las estacas a usar, es variable y depende de la especie que se desea producir. Lo más relevante del tamaño de la estaca, es que según lo determine el patrón de las longitudes del entrenudo, está estrechamente correlacionada con el porcentaje de estacas enraizadas, las estacas de la parte apical son las más largas y tienen mejor enraizamiento; sin embargo si todas las estacas se cortan a la misma longitud, las basales enraízan mejor (Leakey, 1985).

Las estacas de *Populus nigra* del Perú, muestran un prendimiento del 75 a 80 %, utilizando ramas jóvenes de la parte terminal, conformando estacas de 12 cm de longitud con 0,5 y 1 cm de diámetro cortados en forma biselada (Reynel y León, 1990).

Pretell *et al.*, (1985), recomiendan que las estacas deben ser de 8 a 12 cm de longitud, se corta lo más cerca posible de la rama principal; el corte debe realizarse limpio sin rasgaduras, una vez cortadas las estacas se protegen del sol y del viento manteniéndolos húmedos.

2.10. FITOREGULADORES EN LA PROPAGACIÓN DE ESTACAS

2.10.1. Fitoreguladores auxínicos

Salisbury y Ross (2000), definen a las hormonas vegetales como fitohormonas que son producidas por las plantas en forma natural y que a bajas concentraciones regulan los procesos fisiológicos. Las fitohormonas son activadores o inhibidores naturales; en tanto que los fitoreguladores son también activadores o inhibidores, pero son sustancias reguladoras del crecimiento de origen sintético.

Según, Rovalo y Rojas (1994), manifiestan que los vegetales tienen acciones específicas que deben analizarse en forma aislada, ya que generalmente dependen de las interacciones y las proporciones que mantienen con las demás hormonas. Las hormonas no actúan a nivel de todo el organismo, sino a nivel celular, promoviendo, limitando la división y alargamiento celular.

2.10.2. Ácido indol -3- butírico

Hartman y Kester (1987), afirman que, el ácido indol 3 butírico es probablemente el mejor material para el uso general debido a que no es tóxico para las plantas en concentraciones



altas y es efectivo para estimular enraizamiento en un gran número de especies; el fin de toda aplicación de sustancias promotoras o reguladoras de crecimiento de las raíces es incrementar el porcentaje de enraizamiento, reduciendo el tiempo de iniciación de raíces y mejorar la calidad del sistema radicular originada; por ejemplo, el ácido Indol – 3 - Butírico (AIB), es una auxina sintética químicamente similar al Acido Indol acético (AIA) que en la mayoría de las especies ha demostrado su efectividad frente a otras auxinas como el ácido Naftalenacético (ANA).

2.11. FACTORES FÍSICOS QUE FAVORECEN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS

2.11.1. Temperatura

Hanan, Holley y Goldsberry (1978), reportan sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos, el cual está influenciado por el clima. Los procesos de fotosíntesis, respiración, división celular, expansión celular, toma de nutrientes y agua se ven modificados principalmente por factores como la temperatura, déficit de presión de vapor, luz y CO₂. Temperaturas extremas tanto bajas como altas producen la desnaturalización de enzimas y otras proteínas afectando el buen desarrollo de los cultivos. Los niveles de temperatura que maximizan la producción se sitúan entre 16°C y 20°C para el período nocturno y entre 22°C y 30°C para el diurno para cualquier tipo de cultivo en general.

2.11.2. Humedad ambiental

Hartman y Kester (1987), sostiene que, la humedad relativa ambiental es un factor climático muy importante en la propagación de estacas de rosal. Se considera de 80% a 90% como la más apropiada.

2.11.3. Agua

Hartman y Kester (1987), recomienda que, para lograr un buen enraizamiento de las estacas, es esencial que estas mantengan su turgencia y que tengan un potencial de agua adecuado, la propagación bajo niebla o por nebulizadores, presenta un medio adecuado para este fin y es la que mantiene sobre las estacas y hojas una película de agua que no solo conduce a la que la hoja este circundada por una humedad relativa, sino también reduce la temperatura del aire y de la hoja, factores que tienden a reducir la tasa de transpiración a un nivel bajo.



2.11.4. Luz

Al respecto, Hartman y Kester (1987), sostienen que, no existe evidencia, de que la luz sea necesaria para el proceso de enraizamiento de las estacas, pero no hay duda de que tan pronto se inicie el proceso de formación de las hojas, la luz asume su importancia habitual. Los productos de la fotosíntesis son importantes para la iniciación y crecimiento de las raíces.

2.12. SUBSTRATOS DE ENRAIZAMIENTO

Según, Gil Velarde e Iglesias (1989), manifiestan que el ambiente adecuado para el enraizamiento estará dado por el “medio”, que debe ser preparado especialmente a fin de asegurar las mejores condiciones, éstas son:

- a) Ser macizo, denso y de volumen constante.
- b) Retener suficiente humedad.
- c) Ser suficientemente poroso y que permita una aireación adecuada.
- d) Estar libre de semillas y de patógenos.
- e) No debe tener un alto nivel de salinidad y
- f) Que permita ser pasteurizado.

2.12.1. Arena

Mamani (1998), expone que, la arena está formada por pequeños granos de piedra, que se originan por la intemperización de diversas rocas, dependiendo de su composición mineral de la que tenga la roca madre. En propagación de plantas generalmente se emplea arena de cuarzo. La arena no contiene nutrientes minerales, no tiene capacidad amortiguadora (buffer). Respecto a sustancias químicas, su capacidad de intercambio catiónico es nula, de pH neutro, da porosidad al suelo (aireación) ayuda al buen drenaje, no retiene el agua.

2.12.2. Estiércol de Ovino

Valenzuela, *et al.* (2000), sostienen que los materiales a utilizar en la formulación de sustratos deben reunir una serie de requisitos básicos para su selección: como es la presentación en estado sólido; tener estabilidad estructural y estar disponibles en la región; por ello un material que cumple estos requisitos y que está siendo utilizado.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El trabajo de investigación se realizó en el invernadero de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias en la Ciudad Universitaria de la UNA Puno, ubicado en el distrito de Puno, provincia y región de Puno. A nivel experimental se evaluó la propagación vegetativa de estacas de álamo con la aplicación de diferentes concentraciones de ácido indol 3 butírico como enraizante para la producción de plantones, cuya ubicación fue:

a) Ubicación política:

Región : Puno
Provincia : Puno
Distrito : Puno
Lugar : Ciudad de Puno-Universidad Nacional del Altiplano.

b) Ubicación en coordenadas UTM son:

Este : 392746
Norte : 8244235
Altitud : 3 824 m.s.n.m.

3.2. FECHA DE EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se inició el 09 de octubre del 2018 y culminó el 09 de enero del 2019 en la fase de campo experimental.

3.3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS

3.3.1. Temperatura

Con los datos de la tabla del anexo 10, se ha elaborado un gráfico de líneas (figura 1), donde se observa que los valores de la temperatura, específicamente los valores de las temperaturas máximas presentaron un ligero incremento a partir del mes de octubre del año 2018 hasta mes de enero de año 2019, este comportamiento se atribuye al aumento de temperatura ocurrida en el ambiente durante las horas del día. Sin embargo, el

comportamiento de los valores de las temperaturas mínimas permanece en forma constante con mínimas fluctuaciones.

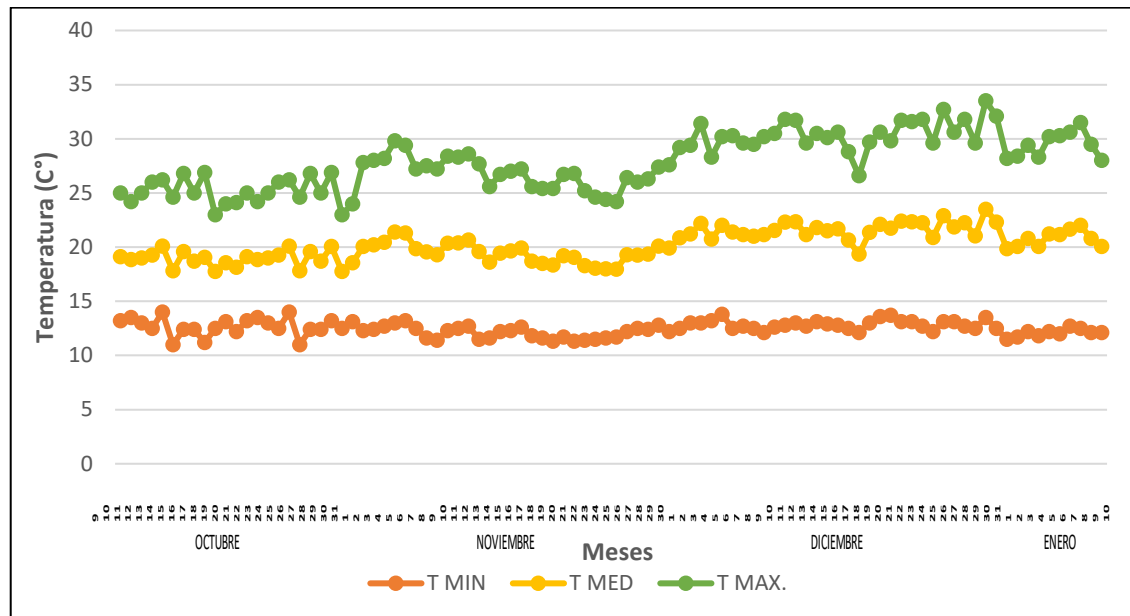


Figura 1. Temperaturas registradas en el invernadero

Siendo, la temperatura máxima promedio mensual de 31.8°C; en tanto, la temperatura mínima mensual promedio de 11.00 °C y la temperatura media promedio mensual de 12.0°C. dentro de las condiciones del invernadero, sobre la cual se realiza la producción de plántulas de álamo a partir de estacas, se considera un ambiente adecuado para la propagación vegetativa, al respecto, Hanan *et al* (1978), reportan que el crecimiento y desarrollo de las plantas está influenciado por los niveles de temperatura que maximizan la producción y se sitúan entre temperaturas medias de 16°C y 20°C para cualquier tipo de plantas cultivables.

Asimismo, referencialmente Narciso (2013), al medir las temperaturas en el cultivo de rosas a nivel invernadero da a conocer que la temperatura máxima promedio mensual fue de 21.70 °C, mientras que la temperatura mínima mensual fue de 2.40 °C y la temperatura media mensual fue de 12.00°C, comparativamente, estos valores son ligeramente inferiores a las temperaturas registradas en el presente experimento, la diferencia de temperaturas probablemente se deba a los meses evaluados.

3.4. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL SUELO EXPERIMENTAL

En la tabla 1, se observa los detalles y valores del análisis físico - químico del suelo experimental, analizado en el laboratorio de Aguas y Suelos de la Facultad de Ciencias

Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano. Según la tabla de interpretación de análisis de suelos, la muestra del suelo experimental de la zona de estudio presentó una textura franco arenoso, con un pH ligeramente alcalino (7.50); los niveles de materia orgánica son medio (3.15%); el contenido de nitrógeno es bajo (0.09%); el contenido de fósforo es bajo (5.01 ppm) y el contenido de potasio es muy bajo (88 ppm).

Tabla 1. Análisis físico-químico del suelo

N°	CLAVE DE CAMPO	ANÁLISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO3-	M.O.
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %			
1	CAPULLANI	68.00	18.00	14.00	Franco arenoso	0.00	3.15

N°	pH	C.E. mS/s m	C.E. (e) mS/s m	ELEMENTOS DISPONIBLES			CATIONES CAMBIABLES				CI C me/l	S.B .%	
				N %	P Ppm	K ppm	Ca 2+	Mg 2+ me/100 g suelo	K+	Na +			Al3 +
1	7.5	0.45	2.25	0.09	5.01	88	NC	NC	NC	NC	0	NC	NC

Fuente: laboratorio de Aguas y Suelos de la FCA-UNA-Puno, 2019.

3.5. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DE ESTIÉRCOL DE OVINO

En la tabla 2, El análisis físico – químico del estiércol de ovino, empleado en el presente experimento, se efectuó en el laboratorio de Aguas y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, según la tabla de resultados el C.E. es de 6.95, el valor de pH es 9.2, definido como muy fuertemente alcalino.

Tabla 2. Análisis físico – químico de estiércol de ovino.

ELEMENTOS ANALIZADOS	ESTIERCOL DE OVINO
pH	9.2
C.E.mS/cm.(Relac.2.5:25ml)	6.95
Nitrógeno total (% de N)	1.59
Fósforo Total (% de P ₂ O ₅)	0.7
Potasio total (% de K)	0.73
Materia Orgánica (M.O.)	60.55

Fuente: laboratorio de Aguas y Suelos de la FCA-UNA-Puno, 2019.

Respecto al estiércol de ovino, los estudios efectuados por Mamani (1996), menciona que, el nitrógeno es de 1.56%, el fósforo es de 1.20% y el potasio es de 1.28 %, lo cual, comparado con nuestro análisis, se observa que en nitrógeno presenta un valor

ligeramente superior; en cambio el contenido de fósforo es menor y el contenido de potasio es casi similar a los valores reportados.

3.6. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE AGUA

En la tabla 3, el análisis físico - químico de agua empleado en el presente experimento, se efectuó en el laboratorio de Aguas y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno con un pH de 8.02 definido como moderadamente alcalino y solidos totales es de 849.28.

Tabla 3. Análisis físico - químico de agua.

ELEMENTOS ANALIZADOS	VALORES
pH	8.02
CE. (ms/cm.)	1.27
Dureza total (como CaCO_3) mg/l	568.4
alcalinidad (como CaCO_3) mg/l	189.89
Cloruros (Como Cl) mg/l	280.88
Sulfatos (como SO_4) mg/l	110
Nitratos (como NO_3^-) mg/l	0
Calcio (como Ca^{++}) mg/l	198
Magnesio (como Mg^{++}) mg/l	98.68
Solidos totales mg/l	849.28

Fuente: laboratorio de Aguas y Suelos de la FCA-UNA-Puno, 2019

3.7. MATERIAL EXPERIMENTAL

El material experimental empleado se recabo en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, y de la comunidad de Capullani de Puno y se detalla a continuación:

3.7.1. Estacas de álamo

Se obtuvo las estacas a partir de los tallos de álamo (*Pópulus deltoides* Bartr.) cuya característica del tallo fue de buen estado sanitario, libre de ataques de hongos y libre de heridas, se obtuvieron estacas con las longitudes de 10, 20 y 40 cm, con un diámetro



de 2 cm aproximadamente, cortados en forma biselada, teniendo en consideración la posición de las yemas respectivas en los tallos.

3.7.2. Substratos

Los substratos se obtuvieron de la comunidad de Capullani – Puno; que consistió en: Tierra Agrícola, estiércol de ovino y arena fina, siendo desinfectados a fin de evitar la presencia de agentes patógenos.

3.7.3. Ácido indol 3 butírico

El ácido indol 3 butírico, es un fitoregulador sintético, que se adquirió comercialmente. El producto comercial que se empleó fue Rapid Root de la firma CONAGRA S.A.C. (Consortio Agropecuario Americano).

3.8. MATERIALES DE CAMPO

Los materiales de campo que se emplearon en el presente experimento fueron:

- Regla metálica milimetrada.
- Flexómetro de 5 metros.
- Bolsas negras para enraizamiento.
- Envases de plástico.
- Tamiz N° 10 (2 mm).
- Balanza
- Termómetro ambiental.
- Cámara fotográfica.
- Libreta de campo y lapiceros
- Regadora.
- Tijera de podar.
- Plumón indeleble
- Etiquetas.

3.9. FACTORES EN ESTUDIO

3.9.1. Factor L: Longitud de estaca

- a) Estaca de 10 cm.
- b) Estaca de 20 cm.

c) Estaca de 40 cm.

3.9.2. Factor D: Dosis de Ácido indol butírico.

- a) Dosis 000 ppm.
- b) Dosis 400 ppm.
- c) Dosis 800 ppm.

3.9.3. Tratamientos experimentales

Los tratamientos experimentales fueron los siguientes (Tabla 4):

Tabla 4. Tratamientos experimentales de la investigación

Nº	TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	CLAVE
1	T1	Estaca 10 cm + 000 ppm	L1D0
2	T2	Estaca 10 cm + 400 ppm	L1D1
3	T3	Estaca 10 cm + 800 ppm	L1D2
4	T4	Estaca 20 cm + 000 ppm	L2D0
5	T5	Estaca 20 cm + 400 ppm	L2D1
6	T6	Estaca 20 cm + 800 ppm	L2D2
7	T7	Estaca 40 cm + 000 ppm	L3D0
8	T8	Estaca 40 cm + 400 ppm	L3D1
9	T9	Estaca 40 cm + 800 ppm	L3D2

3.9.4. Diseño experimental

El trabajo de investigación se condujo en un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un Arreglo Factorial de 3 x 3, es decir con tres longitudes de estaca y tres dosis de enraizantes Acido Indol 3 Butirico, con 9 tratamientos experimentales, con 10 repeticiones, haciendo un total de 90 unidades experimentales, cuyo análisis de varianza (ANVA) es el siguiente:

Tabla 5. Análisis de varianza (ANVA)

F. de V.		G.L.
Tratamientos	t-1;	9-1= 8
Factor L	l-1	3-1= 2
Factor D	d-1	3-1= 2
Interacción L x D	(l-1)(d-1)	(3-1)(3-1)= 4



Error experimental	ld(r-1)	(3)(3)(10-1)= 81
Total	(ldr-1)	(3)(3)(10)-1= 89

El modelo lineal, es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \Sigma_{ijk}$$

$i = 1, 2, \dots, L$; (Niveles del factor L)

$j = 1, 2, \dots, D$; (Niveles del factor D)

$k = 1, 2, \dots, r$; (Repeticiones)

Donde:

Y_{ijk} : Variable de respuesta.

μ : Media de la población al cual pertenece.

α_i : Efecto del i – esimo nivel al factor L

β_j : Efecto del j – esimo nivel del factor D.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción del i –esimo del factor L, con el j –esimo del factor D.

Σ_{ijk} : Efecto del error experimental

Para el cálculo de varianza se realizó la correspondiente prueba de comparación múltiple de TUKEY al $P \leq 0.05$ de probabilidad.

3.10. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

- Largo del invernadero :10 m
- Ancho del invernadero :3 m
- Distancia entre repeticiones :0.50 m
- Numero de repeticiones :10
- Número de estacas /unidad experimental :10 estacas
- Total, de estacas /unidad :90
- Área total del experimento :30 m²

3.11. METODOLOGÍA DE CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.11.1. Recolección de estacas de álamo y preparación del material vegetal

Las estacas de álamo se recolectaron en la ciudad universitaria, luego se procedió a preparar las longitudes de estacas en tamaños de 10, 20 y 40 cm con un diámetro de 2 cm aproximadamente, cortados en forma biselada, teniendo en cuenta las yemas en los tallos.

Para preparar el material experimental, se ha seguido las recomendaciones de Hutson *et al*, (1988), quienes señalan que, para propagar estacas es importante obtener de la planta



madre. Las ramas tiernas, suaves y de crecimiento rápido no son convenientes, ya que es posible que se deterioren antes de enraizar. El mejor material para estacas tiene cierto grado de flexibilidad, pero está lo suficientemente maduro para romperse cuando se dobla demasiado. Se debe evitar las ramas débiles muy delgadas o muy vigorosas y gruesas.

3.11.2. Preparación del sustrato

La tierra agrícola, fue de color negruzca de la zona de Puno Comunidad de Capullani (zona sur-oeste de la ciudad de Puno) que fue tamizada con malla N° 10 (2 mm); el estiércol de ovino también fue tamizada y la arena fue del río también fue tamizada. Además, el material de arena de río fue lavado con agua para eliminar las sales que contenga y luego se secó a la intemperie. Estos materiales se mezclaron en una proporción de 30% de arena, 60% tierra agrícola de zona y 10% estiércol de ovino, las cuales fueron embolsados, trasladados y enfilados en el invernadero.

3.11.3. La desinfección de los sustratos

Para la desinfección del sustrato se utilizó el producto comercial “Formol al 40%”; para ello, se utilizó una mochila fumigadora de capacidad de 20 litros; luego se preparó la solución a una dosis 1.2 lts en 12 lts de agua, para eliminar la presencia de algunos microorganismos y patógenos dañinos.

3.11.4. Embolsado de sustrato

Consistió en llenar el sustrato en las bolsas de polietileno “a golpe” para no dejar espacios porosos, para luego preparar los embolsados ya que el experimento fue de 9 tratamientos, con 10 repeticiones en bolsas de plástico polietileno negro, haciendo un total de 90 bolsas; las medidas de bolsa de polietileno fueron de: 8 cm de diámetro con 15 cm de alto, con 700 g aproximadamente de sustrato preparado y desinfectado.

3.11.5. Riego de sustrato embolsado

Se realizó, antes de ser repicados las estacas en las bolsas, se aplicó un riego con aspersion ligero con una regadora de 20 litros, esto con la finalidad de que facilite a inducir el enraizamiento y que las estacas no sufran daños físicos al momento del manipuleo.

3.11.6. Preparación de la solución concentrada de ácido indol 3 butírico

Se preparó una solución concentrada disolviendo el fitoregulador en proporciones de 400 ppm y 800 ppm, por cada 100 ml de solución líquida; la preparación de la solución líquida fue de 50 ml de alcohol (etanol) al 96% y 50 ml de agua destilada, las soluciones fueron preparadas en las diferentes dosis en una probeta graduada de 100 ml (Narciso, 2014).

Tabla 6. Dosis de ácido indol 3 butírico por estaca

Clave	Dosis (ppm)	Cantidad aplicada por estaca (g / 100 ml)
D0	000	0.000
D1	400	0.040
D2	800	0.080

3.11.7. Aplicación de ácido indol 3 butírico en estacas.

Previamente preparado el ácido indol 3 butírico, se procedió a introducir las estacas en las soluciones durante 5 segundos permitiendo que la solución entre en contacto con la parte inferior de las estacas, según los tratamientos en estudio.

3.11.8. El repicado de estacas

Consistió el repicado de las estacas en bolsas, se realizó al estar preparados e introducidos al ácido indol 3 butírico en las diferentes longitudes; esto con la ayuda de un pequeño con un repicador para hacer hoyos luego introducir las estacas para luego presionar con los dedos de la mano alrededor de las estacas con el sustrato a fin de lograr un buen contacto.

3.11.9. Manejo de las estacas para producción de plantones.

- Riego: se realizó los riegos inter diarios en horas de la mañana, empleando agua limpia; el riego fue con una regadora acondicionada.
- Control de malezas: se realizó el control de malezas manualmente.
- Control de plagas y enfermedades: previa evaluación visual de la presencia de plagas y enfermedades, se realizó los controles respectivos.

3.12. VARIABLES DE RESPUESTA Y OBSERVACIONES

3.12.1. Variables de respuesta

- Incremento de altura (cm/plantón)
- Numero de brotes (Nº/plantón)



- Longitud de brotes (cm/brote)
- Numero de raíces (Nº/plantón)
- Longitud de la raíz (cm/raíz)
- Tiempo de enraizamiento (días/tratamiento)

3.12.2. Observaciones

- Presencia de malezas

Para evitar la competencia por humedad y nutrientes, se realizó el control de malezas, mediante el deshierbe manual, la extracción no provocó daños a los brotes de Álamo. Las malezas que se presentaron fueron:

- a) “Malva”, “K’ora” *Malvastrum capitatum*
- b) “Auja-auja” *Erodium cicutarum*
- c) “Bolsa de pastor” *Capsella bursa-pastoris*
- d) “Nabo silvestre” *Brassica campestris*

- Observación de plagas y enfermedades

En las estacas se presentó la hormiga cortadora, que fue controlado esparciendo hormiguicida Mapex 25, este insecticida fue aplicado directamente alrededor de las plántulas. También se presentó el pulgón (*Aphis* sp.), se observó pulgones en el envés de las hojas, esta especie es de la orden homóptera son fitófagos, los estiletes de su aparato picador - chupador, se alimentan de la savia, causándole alteraciones del crecimiento de la plantas. Las enfermedades observadas durante el desarrollo de la propagación fueron la “Roya” (*Melampsora* spp.) generando la defoliación de las hojas que provoco focos de infección en las estacas.

Las estacas en el invernadero, donde se observó “quemaduras” debido a las altas temperaturas que se presentaron en ciertas ocasiones en el invernadero, y con la humedad resultan favorables para el desarrollo de los hongos los cuales fueron controlados con el uso de fungicida (Amarillo) este producto se aplicó mediante aspersion realizando una mezcla de 4 ml en 4 L de agua.



3.13. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE VARIABLES DE RESPUESTA.

3.13.1. Incremento de altura (cm/plantón)

Se registró con la ayuda de una regla, se dio seguimiento a esta variable cada mes. La misma que se consideró medir con la regla desde la base de la estaca, hasta la parte más alta de los brotes; se evaluó el incremento en altura de cada estaca, según su tratamiento en estudio.

3.13.2. Numero de brotes (Nº/plantón)

Se realizó a los 30 días, el conteo de brotes que se desarrollaron en las estacas de álamo una vez prendidos las estacas de diferentes dimensiones.

3.13.3. Longitud de brotes (cm/brote)

Se evaluó con la ayuda de una regla, para ello se tomó al azar la muestra y luego se expresó en cm por brote.

3.13.4. Numero de raíces (Nº/plantón)

Se realizó el conteo del número de raíces que se desarrollaron en las estacas de álamo, al concluir el trabajo de investigación para determinar el efecto de enraizamiento.

3.13.5. Longitud de la raíz (cm/raíz)

Se midió considerando la longitud desde la primera raíz formada en la parte basal de las estacas, se tomó al azar las muestras.

3.13.6. Tiempo de enraizamiento (días/tratamiento)

La medida del tiempo de enraizamiento se evaluó desde el inicio de la propagación vegetativa a través del periodo de días que tarda la estaca para enraizar, con la formación de brotes, hojas y estar apta como plantón, y tener condiciones para su utilización respectiva.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Objetivo: Evaluación de las características morfológicas vegetativas de los plantones de álamo a partir de las tres longitudes de estacas en condiciones de invernadero.

Hipótesis: Las características morfológicas vegetativas en el desarrollo de plantones, difieren entre sí, según la influencia de longitud de estaca utilizada en la propagación vegetativa.

4.1. INCREMENTO DE ALTURA

4.1.1. Primer mes de evaluación

En la tabla 7, se observa el análisis de varianza para incremento de altura del plantón al primer mes de evaluación, en donde se observa que existe diferencia altamente significativa entre tratamientos, lo que indica diferencias de altura en los plantones; para el factor Longitud (L) existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual indica que existen diferencias en incremento de altura de plantones; para el factor Dosis (D), también existen diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que existe diferencias en incremento de altura de plantones por efecto de las dosis; para la interacción de (LxD) existen diferencias estadísticas no significativas, lo cual nos indica que los factores no actúan de forma dependiente sobre el incremento de altura. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual a 28.64 % nos indica que los datos logrados en la presente investigación son confiables.

Tabla 7. Análisis de varianza para el incremento de altura (cm/plantón) al primer mes de evaluación.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig .
					0.05	0.01	
Tratamiento	8	2848.74	356.093	33.44	2.055	2.739	**
Factor longitud (L)	2	2349.291	1174.646	110.32	3.109	4.878	**
Factor dosis (D)	2	420.950	210.475	19.77	3.109	4.878	**
L*D	4	78.499	19.625	1.84	2.484	3.560	NS
Error experimental	81	862.421	10.647				
Total	89	3711.161					

CV= 28.64%

En la tabla 8, se observa la prueba de Tukey para el incremento de altura del plantón, en el factor longitud de estaca; al primer mes de evaluación, se observa que la mayor altura de crecimiento fue en estacas de longitud 40 cm con un promedio de 17.36 cm; seguido por la estaca de longitud de 20 cm con 11.94 cm en promedio y la estaca de longitud de 10 cm con una altura de crecimiento de 4.88 cm. Estadísticamente la estaca de longitud de 40 cm es superior a las demás longitudes. Esto es probablemente a mayor proporción de reservas de carbohidratos que presenta en el tallo, debido a su longitud. Al respecto Othala y Vidal, (2010), afirman que, la rama de la planta fisiológicamente almacena un mayor contenido de reservas de carbohidratos, los mismos que pueden ser utilizados como fuente de energía para generar un mayor rebrote a partir de las yemas de estacas.

En investigaciones realizadas con tres especies de álamo *Populus nigra*, *P. alba* y *P. balsamífera* por Cañaviri (2007), lograron alcanzar a registrar alturas promedio de 17,1 cm siendo tratadas con enraizadores químicos, esto concuerda con el trabajo de investigación realizado con el tamaño de crecimiento de 17.36 cm obtenido.

Tabla 8. Prueba de Tukey para el incremento de altura de plantón bajo el factor de longitud de estacas al primer mes de evaluación.

Orden de merito	Longitud de estaca cm	Clave	Tamaño de crecimiento (cm/plantón)	Sig. ≤ 0.05
1	40	L3	17.36	a
2	20	L2	11.94	b
3	10	L1	4.88	c

En la figura 2 del anexo, se muestra la superioridad de crecimiento en altura del plantón, destacando la estaca de longitud de 40 cm. alcanzando un desarrollo de 17.36 cm de altura de planta; en cambio, la menor altura de la planta fue en la estaca de longitud de 10 cm, con una escasa altura de 4.88 cm/plantón. Consideramos, que el movimiento de los carbohidratos de reserva, en las estacas difieren entre sí; tal es así que en las estacas de mayor longitud expresan un mayor incremento de altura por la presencia de mayor proporción de carbohidratos; en cambio en estacas de 10 cm de longitud, el incremento de altura es mínimo probablemente por la escasa disponibilidad de reservas de carbohidratos.

En la tabla 9, se observa la prueba de significancia de Tukey para el incremento de altura de plantón bajo el factor dosis de ácido indol 3 butírico sobre el incremento de altura al primer mes de evaluación, en donde se observa que la aplicación dosis de 800 ppm a la estaca tuvo mayor tamaño de crecimiento en promedio con 14.03 cm, el cual es estadísticamente superior a las demás dosis, seguido de la aplicación de dosis de media de 400 ppm con 11.42 cm en promedio y la dosis de 000 ppm solo tuvo 8.63 cm en promedio, es decir, los tratamientos testigos. La mayor altura de planta, se atribuye a la aplicación del ácido indol 3 butírico, pues, Salisbury y Ross, (2000), indican que la aplicación de enraizantes en la propagación por estacas incrementa el prendimiento y el vigor de las plantas.

Tabla 9. Prueba de Tukey para incremento de altura de plantón según dosis de ácido al primer mes de evaluación.

Orden de merito	Dosis de Ácido Indol 3 Butirico	Clave	Tamaño de crecimiento (cm/plantón)	Sig. ≤ 0.05
1	Dosis 800 ppm	D2	14.03	a
2	Dosis 400 ppm	D1	11.42	b
3	Dosis 000 ppm	D0	8.63	c

En la figura 3 del anexo, muestra que la aplicación del enraizante ácido indol 3 butírico a una dosis de 800 ppm, sobre las estacas de álamo, al cabo de un tiempo de establecimiento, denotan superioridad de crecimiento morfológico en altura de plantón, frente a los demás tratamientos en estudio.

En la tabla 10, se observa la prueba de Tukey para incremento de altura de plantón bajo la interacción de longitud de estacas y dosis de Ácido Indol 3 butírico al primer mes de evaluación, en donde se observa que, la interacción de la longitud de 40 cm y dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico tuvo mayor incremento de altura en promedio con 21.29 cm, el cual estadísticamente es superior frente a las demás interacciones, seguido de la interacción de longitud de 40 cm con dosis de 400 ppm de ácido Indol 3 butírico con 17.85 cm en promedio, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones. La interacción de la longitud de 10 cm con 000 ppm de ácido indol 3 butírico tuvo 3.39 cm, el cual es estadísticamente menor crecimiento de altura. En síntesis, se nota que la aplicación del ácido indol 3 butírico, sobre las estacas a propagar responde favorablemente en el parámetro de incremento de altura.

Tabla 10. Prueba de Tukey para el incremento de altura bajo la interacción de longitud de estacas más dosis de ácido Indol 3 butírico al primer mes de evaluación.

N°	Longitud de estaca (cm)	Dosis de Ácido Indol 3 Butírico	Clave	Tamaño de crecimiento (cm/plantón)	Sig. ≤ 0.05
1	40	Dosis 800	L3D3	21.29	a
2	40	Dosis 400	L3D2	17.85	b
3	20	Dosis 800	L2D3	13.88	b c
4	40	Dosis 000	L3D0	12.85	c
5	20	Dosis 400	L2D1	12.07	c
6	20	Dosis 000	L2D0	9.87	c d
7	10	Dosis 800	L1D3	6.92	d e
8	10	Dosis 400	L1D2	4.33	e
9	10	Dosis 000	L1D0	3.39	e

La figura 4 del anexo, muestra que, al primer mes de evaluación, el tratamiento con mejores cualidades de crecimiento en altura de plantón fue la longitud de estacas de 40 cm más 800 ppm de ácido indol 3 butírico, alcanzando un mayor tamaño de 21.29 cm, inclusive aplicando una menor dosis de 400 ppm sobre las estacas de álamo, también demuestran un incremento de altura frente al tratamiento testigo. Es decir, el ácido indol 3 butírico, constituye un regulador de crecimiento vegetal, en este caso, ha promovido el mejor crecimiento de los brotes del plantón.

En consecuencia, al primer mes de evaluación en el parámetro de incremento de altura de plantón, destaca el tratamiento (L3D2) estaca de longitud de 40 cm con una aplicación de 800 ppm de ácido indol 3 butírico, bajo condiciones de invernadero.

4.1.2. Segundo mes de evaluación

En la tabla 11, se observa el análisis de varianza para incremento de altura del plantón al segundo mes de evaluación, en donde se observa que para tratamientos existe diferencia altamente significativa, es decir, el incremento de altura es heterogéneo; para el factor Longitud (L) existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual indica que existen diferencias en incremento de altura de plantones; para el factor Dosis (D), también existen diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que existe

diferencias en incremento de altura de plántones por efecto de las dosis; en cambio, para la interacción de LxD no hay diferencias significativas, lo cual nos indica que los factores actúan de forma independiente sobre el incremento de altura. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad es igual a 26.96 % nos indica que los datos logrados en la presente investigación son confiables.

Tabla 11. Análisis de varianza para el incremento de altura cm/plánton al Segundo mes de evaluación.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamiento	8	5074.215	634.277	34.78	2.055	2.739	**
Factor longitud (L)	2	2401.096	1200.548	65.84	3.109	4.878	**
Factor dosis (D)	2	2633.121	1316.561	72.20	3.109	4.878	**
L*D	4	39.998	10.000	0.55	2.484	3.560	NS
Error experimental	81	1477.039	18.235				
Total	89	6551.254					

CV= 26.96%

En la tabla 12, se observa la prueba de Tukey para incremento de altura bajo el factor de longitud de estaca al segundo mes de evaluación, en donde se observa que la mayor altura de crecimiento fue en la estaca de longitud 40 cm con un promedio con 21.32 cm, seguido por la estaca de longitud de 20 cm con 17.28 cm en promedio; y la estaca de longitud de 10 cm con una altura de crecimiento de 8.20 cm. Los cuales estadísticamente denota que, la longitud de estaca de 40 cm es superior a las demás longitudes en estudio.

Tabla 12. Prueba de Tukey para el incremento de altura del plánton bajo el factor de longitud de estacas al segundo mes de evaluación.

Orden de merito	Longitud de estaca (cm)	Clave	Tamaño de crecimiento (cm)	Sig. ≤ 0.05
1	40	L3	21.32	a
2	20	L2	17.28	b
3	10	L1	8.20	c

La figura 5 del anexo, muestra la superioridad de crecimiento en altura de la planta, destacando la estaca de longitud de 40 cm. alcanzando un desarrollo de 21.32 cm de incremento de altura de planta; en cambio, el menor incremento altura de la planta fue en la estaca de longitud de 10 cm, con una escasa altura de 8.20 cm/plánton.

En la tabla 13, se observa la prueba de Tukey para incremento de altura bajo el factor dosis de ácido indol 3 butírico sobre incremento de altura al segundo mes de evaluación; en donde se observa que, la aplicación de ácido indol 3 butírico a una dosis de 800 ppm tuvo mayor incremento de altura en promedio con 23.00 cm, el cual es estadísticamente superior a las demás dosis, seguido de la dosis de media de 400 ppm con 14.60 cm en promedio y la dosis de 000 ppm solo tuvo 9.92 cm en promedio.

Tabla 13. Prueba de Tukey para incremento de altura según dosis de ácido indol butírico al segundo mes de evaluación.

Orden de merito	Dosis de ácido Indol 3 butirico (ppm)	Clave	Tamaño de crecimiento (cm)	Sig. ≤ 0.05
1	800	D2	23.00	a
2	400	D1	14.60	b
3	000	D0	9.92	c

La figura 6 del anexo, muestra que la aplicación del enraizante ácido indol 3 butírico a una dosis de 800 ppm logro la mejor altura de crecimiento con 23 cm, denota superioridad de incremento altura de plantón, frente a los demás tratamientos en estudio.

Estos resultados son corroborados por Quispe (2014), quien obtuvo 2.86 cm con la dosis de 300 ppm de ácido indol 3 butírico, seguido de la dosis de 250 ppm con 2.37 cm, la dosis de 200 ppm con 1.74 cm y la dosis de 000 ppm solo tuvo 1.36 cm en tamaño de brotes a los 60 días de evaluación. Por otro lado, Rivera (2014), obtuvo la mayor altura de brotes en queñua con la dosis de 300 ppm de ácido indol 3 butírico con 4.98 cm, seguido de la dosis de 250 ppm con 4.76 cm y la dosis 200 ppm tuvo el menor tamaño de brotes con 4.42 cm.

En la tabla 14, se observa la prueba de Tukey para incremento de altura de plantón bajo la interacción de longitud de estacas y dosis de Ácido Indol Butírico al segundo mes de evaluación, en donde se observa que la interacción de la longitud de 40 cm y dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico tuvo mayor incremento de altura en promedio con 28.63 cm, el cual estadísticamente es superior a las demás interacciones, seguido de la interacción de longitud de 20 cm con dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico con 23.89 cm en promedio, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones.

La interacción de la longitud de 10 cm con 000 ppm ácido indol 3 butírico tuvo 3.81 cm, el cual es estadísticamente menor incremento de altura.

Tabla 14. Prueba de Tukey para el incremento de altura bajo la interacción de longitud de estacas más Dosis de ácido Indol 3 butírico al segundo mes de evaluación.

Orden de merito	Longitud de estaca (cm)	Dosis de ácido Indol 3 butirico	Clave	Tamaño de crecimiento (cm)	Sig. ≤ 0.05
1	40	800	L3D2	28.63	a
2	20	800	L2D2	23.89	a b
3	40	400	L3D1	20.75	b c
4	20	400	L2D1	16.57	c d
5	10	800	L1D2	16.47	c d
6	40	000	L3D0	14.58	d
7	20	000	L2D0	11.38	d e
8	10	400	L1D2	6.47	e f
9	10	000	L1D0	3.81	f

La figura 7 del anexo, muestra que, al segundo mes de evaluación, el tratamiento con mejores cualidades de crecimiento en altura de plantón fue la longitud de estaca de 40 cm más 800 ppm de ácido indol butírico, alcanzando un tamaño de 28.63 cm.

4.1.3. Tercer mes de evaluación

En la tabla 15, se observa el análisis de varianza para el incremento de altura del plantón al tercer mes de evaluación, en donde se observa que para tratamientos existe una diferencia estadística altamente significativa, es decir, existe variabilidad de altura de plantón; para el factor Longitud (L) existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual indica que existen diferencias en incremento de altura de plantones; para el factor Dosis (D), también existen diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que existe diferencias en incremento de altura de platones por efecto de las dosis; para la interacción de (LxD) no existe diferencia estadística no significativa, lo cual nos indica que los factores en cada interacción actúan de forma independiente en el incremento de altura. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad es igual a 29.16 % nos indica que los datos logrados en la presente investigación son confiables.

Tabla 15. Análisis de varianza para el incremento de altura cm/plantón al Tercer mes de evaluación.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamiento	8	12742.98	1592.873	38.27	2.055	2.739	**
Factor longitud (L)	2	2129.489	1064.745	25.58	3.109	4.878	**
Factor dosis (D)	2	10501.405	5250.703	126.14	3.109	4.878	**
L*D	4	112.087	28.022	0.67	2.484	3.560	NS
Error experimental	81	3371.736	41.626				
Total	89	16114.717					

CV=20.16%

En la tabla 16, se observa la prueba de significancia de Tukey para el incremento de altura bajo el factor de longitud de estaca al tercer mes de evaluación, en donde se observa que el mayor incremento de altura fue la longitud 40 cm con un promedio con 25.16 cm, seguido por la longitud de 20 cm con 24.84 cm en promedio y la estaca de longitud de 10 cm con una altura de crecimiento de 14.68 cm los cuales estadísticamente la longitud de estaca de 20 cm y 40 cm son superiores a las demás longitudes, encontrándose además que entre estos dos longitudes de estacas estadísticamente presentan el mismo incremento de altura.

Tabla 16. Prueba de Tukey para el incremento de altura de plantón bajo el factor de longitud de estacas al tercer mes de evaluación.

Orden de merito	Longitud de estaca (cm)	Clave	Tamaño de crecimiento (cm)	Sig. ≤ 0.05
1	40	L3	25.16	a
2	20	L2	24.84	a
3	10	L1	14.68	b

La figura 8 del anexo, muestra la superioridad de crecimiento en altura de la planta, destacando la estaca de longitud de 40 cm. alcanzando un desarrollo de 25.16 cm de altura de planta; en cambio, la menor altura de la planta fue en la estaca de longitud de 10 cm, con una escasa altura de 14.68 cm/plantón.

Estos resultados son diferentes a lo indicado por Céspedes (2014), muestra que el mayor incremento de altura fue en estacas de 120 cm de longitud, con un promedio de 9.76 cm de incremento a los 120 días de extracción de la planta madre. Además, se puede observar

que las estacas de 40 cm de longitud presentan menor incremento de altura con un promedio de 5.34 cm a los 120 días de evaluación.

En la tabla 17, se observa la prueba de Tukey para el incremento de altura bajo el factor dosis de ácido indol 3 butírico sobre incremento de altura al tercer mes de evaluación, en donde se observa que la dosis de 800 ppm tuvo mayor tamaño de crecimiento en promedio con 36.09 cm, el cual es estadísticamente superior a las demás dosis, seguido de la dosis de 400 ppm con 18.39 cm en promedio y la dosis de 000 ppm solo tuvo 10.20 cm en promedio.

Tabla 17. Prueba de Tukey para el incremento de altura según dosis de ácido al tercer mes de evaluación.

Orden de merito	Dosis de ácido Indol 3 butírico (ppm)	Clave	Tamaño de crecimiento (cm)	Sig. ≤ 0.05
1	800	D2	36.09	a
2	400	D1	18.39	b
3	000	D0	10.20	c

La figura 9 del anexo, muestra que la aplicación del enraizante a una dosis de 800 ppm, sobre otras las estacas de álamo, denotan superioridad de altura de plantón con 36.09 cm, frente a los demás tratamientos en estudio. Estos resultados son corroborados por Quispe (2014), quien obtuvo 4.80 cm con la dosis de 300 ppm de ácido indol 3 butírico, seguido de la dosis de 250 ppm con 4.03 cm, la dosis de 200 ppm con 3.14 cm y la dosis de 000 ppm solo tuvo 2.84 cm en tamaño de brotes a los 120 días de evaluación

En el tabla 18, se observa la prueba de Tukey para incremento de altura del plantón bajo la interacción de longitud de estacas y dosis de Ácido Indol Butírico al tercer mes de evaluación, en donde se observa que la interacción de la longitud de 40 cm y dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico tuvo mayor incremento de altura en promedio con 40.99 cm, el cual estadísticamente es superior a las demás interacciones, seguido de la interacción de longitud de 20 cm con dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico con 38.88 cm en promedio, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones.

La interacción de la longitud de 10 cm con 000 ppm ácido indol 3 butírico tuvo 5.27 cm, el cual es estadísticamente menor crecimiento de altura.

Tabla 18. Prueba de Tukey para el incremento de altura bajo la interacción de longitud de estacas más Dosis de ácido Indol 3 butírico al tercer mes de evaluación.

Orden de merito	Longitud de estaca (cm)	Dosis de ácido Indol 3 butírico	Clave	Tamaño de crecimiento (cm)	Sig. ≤ 0.05	
1	40	800	L3D2	40.99	a	
2	20	800	L2D2	38.88	a	
3	10	800	L1D2	28.39		b
4	20	400	L2D1	22.92		b
5	40	400	L3D1	21.86	b	c
6	20	000	L2D0	12.72		c d
7	40	000	L3D0	12.62		d
8	10	400	L1D1	10.39		d
9	10	000	L1D0	5.27		d

En la figura 10 del anexo, muestra que, al tercer mes de evaluación, el tratamiento con mejores cualidades de crecimiento en altura de plantón fue la longitud de estacas de 40 cm más 800 ppm de ácido indo butírico, alcanzando un tamaño de 40.99 cm; en cambio el tratamiento testigo oscilo de 12.62 a 5.27 cm de incremento de altura.

4.2. NUMERO DE BROTES

En la tabla 19, se observa el análisis de varianza para el número de brotes al final de la evaluación; en donde se observa que para tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa, es decir, existe una variabilidad en cuanto al número de brotes; para el factor Longitud (L) existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual indica que existen diferencias en el número de brotes; para el factor dosis (D), también existen diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que existe diferencias en el número de brotes por efecto de las dosis; para la interacción de (LxD) existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que los factores actúan de forma dependiente sobre el número de brotes. Por otro lado, el coeficiente de

variabilidad es igual a 27.24 %, lo cual nos indica que los datos logrados en la presente investigación son confiables.

Tabla 19. Análisis de varianza para el número de brotes al final de la evaluación.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamiento	8	98.422	12.303	48.14	2.055	2.739	**
Factor longitud (L)	2	16.689	8.345	32.65	3.109	4.878	**
Factor dosis (D)	2	67.822	33.911	132.70	3.109	4.878	**
L*D	4	13.911	3.478	13.61	2.484	3.560	**
Error experimental	81	20.700	0.256				
Total	89	119.122					

CV=27.24%

En la tabla 20, se muestra la prueba de significancia de Tukey para el número de brotes bajo el factor de longitud de estaca al final de evaluación, en donde se observa las longitudes de estacas tuvo mayor número de brotes la estaca de longitud 40 cm con un promedio con 2.43 , seguido por la longitud de 20 cm con 1.73 en promedio y la estaca de longitud de 10 cm con un numero de brotes de 1.40; los cuales estadísticamente la longitud de estaca de 40 cm es superior a las demás longitudes.

Tabla 20. Prueba de Tukey para el numero de brotes el factor de longitud de estacas al final de evaluación.

Orden de merito	Longitud de estaca (cm)	Clave	Numero de brotes (N°)	Sig. ≤ 0.05
1	40	L3	2.43	a
2	20	L2	1.73	b
3	10	L1	1.40	c

La figura 11 del anexo, muestra la superioridad de numero de brotes de la planta, destacando la estaca de longitud de 40 cm alcanzando 2.43 brotes de la planta; en cambio, el menor número de brotes de la planta fue la estaca de longitud de 10cm, con 1.40 brotes/plantón.

Los resultados obtenidos son similares a lo indicado por Rivera (2014), quien logro un mayor brote en la estaca basal con 2.11, superando a los demás tratamientos; segundo

lugar se logró 1.88 brotes en la estaca apical y menor número de brotes se obtuvo en la estaca media con 1.53 brotes.

En la tabla 21, se observa la prueba de Tukey para el número de brotes bajo el factor dosis de ácido indol 3 butírico al final del mes de evaluación, en donde se observa que la dosis de 800 ppm tuvo mayor número de brotes en promedio con 3.03, el cual es estadísticamente superior a las demás dosis, seguido de la dosis de media de 400 ppm con 1.57 en promedio y la dosis de 000 ppm solo tuvo 0.97 en promedio.

Tabla 21. Prueba de Tukey para el número de brotes según dosis ácido de ácido indol butírico en estacas al final de evaluación.

Orden de mérito	Dosis de ácido Indol 3 butírico (ppm)	Clave	Numero de brotes (N°)	Sig. ≤ 0.05
1	800	D2	3.03	a
2	400	D1	1.57	b
3	000	D0	0.97	c

Además, los resultados obtenidos se confirman con lo indicado por Rivera (2014), quien logro el número de brotes según el efecto de la dosis de ácido indol 3 butírico, se logró un mayor brote por la estaca en la dosis alta con 2.36 brotes; sin embargo, entre este tratamiento y la dosis media aplicada estadísticamente no se encontró diferencias significativas con 2.14 brotes por estaca.

La figura 12 del anexo, muestra que la aplicación del enraizante ácido indol 3 butírico a una dosis de 800 ppm, sobre las estacas de álamo para su propagación vegetativa, denotan superioridad de numero de brotes con 3.03, frente a los demás tratamientos en estudio y en tratamiento control apenas alcanzo un brote por plantón.

En la tabla 22, se observa la prueba de Tukey para el número de brotes bajo la interacción de longitud de estacas y dosis de Ácido Indol Butírico al final de evaluación, en donde se observa que la interacción de la longitud de 40 cm y dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico tuvo mayor número de brotes en promedio con 4.20, el cual estadísticamente es superior a las demás interacciones, seguido de la interacción de longitud de 20 cm con dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico con 2.90 en promedio,

el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones. La interacción de la longitud de 40 cm con 000 ppm ácido indol 3 butírico tuvo 0.90, el cual es estadísticamente menor número de brotes.

Tabla 22. Prueba de Tukey para el numero de brotes bajo la interacción de longitud de estacas más Dosis de ácido Indol 3 butírico al final de la evaluación.

Orden de merito	Longitud de estaca (cm)	Dosis de ácido Indol 3 butírico	Clave	Numero de brotes (N°)	Sig. ≤ 0.05		
1	40	800	L3D2	4.20	a		
2	20	800	L2D2	2.90		b	
3	40	400	L3D1	2.20		b	c
4	10	800	L1D2	2.00			c d
5	20	400	L2D1	1.30			d e
6	10	400	L1D1	1.20			e
7	10	000	L1D0	1.00			e
8	20	000	L2D0	1.00			e
9	40	000	L2D0	0.90			e

La figura 13 del anexo, muestra que, al final de la evaluación, el tratamiento con mejores cualidades de numero de brotes de plantón fue la longitud de estacas de 40 cm más 800 ppm de ácido indo butírico, alcanzando un tamaño de 4.20 brotes/plantón, esto es probablemente también al efecto de la temperatura ambiental que favoreció el desarrollo de los brotes, al respecto, Hartmann y Kester, (1987), señala que las temperaturas del ambiente elevadas tienden a estimular el desarrollo de los brotes en la propagación de plantones.

4.3. LONGITUD DE BROTES

En la tabla 23, se presenta el análisis de varianza para la longitud de brotes al final del mes de evaluación, en donde se observa que para tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa, es decir, la longitud de brote es heterogénea; para el factor Longitud de estaca (L) existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual indica que existen diferencias en la longitud de brotes; para el factor Dosis (D), también existen diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que existe diferencias en longitud de brotes por efecto de las dosis de enraizante aplicados en las estacas; para la interacción de (LxD) existen diferencias estadísticas significativas, lo cual nos indica que los factores actúan de forma dependiente sobre la longitud de brotes. Por otro lado, el

coeficiente de variabilidad es igual a 28.69 % nos indica que los datos logrados en la presente investigación son confiables.

Tabla 23. Análisis de varianza para la longitud de brotes al final de la evaluación.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamiento	8	6336.978	792.122	56.66	2.055	2.739	**
Factor longitud (L)	2	362.605	181.303	12.97	3.109	4.878	**
Factor dosis (D)	2	5840.469	2920.235	208.90	3.109	4.878	**
L*D	4	133.905	33.476	2.39	2.484	3.560	*
Error experimental	81	1132.322	13.979				
Total	89	7469.301					

CV=28.69%

En la tabla 24, se observa la prueba de significancia de Tukey para la longitud de brotes en el factor de longitud de estaca de álamo al final de la evaluación; en donde, se observa que la estaca de longitud de 20 cm presento el mayor longitud de crecimiento con 15.84 cm, seguido por la estaca de longitud de 10 cm con 11.98 cm en promedio; y la estaca de longitud de 40 cm con una longitud de brote de 11.28 cm los cuales estadísticamente la longitud de estaca de 20 cm es superior a las demás longitudes de brote.

Tabla 24. Prueba de Tukey para la longitud de brotes bajo el factor de longitud de estacas al final de evaluación.

Orden de merito	Longitud de estaca (cm)	Clave	Longitud de brote (cm)	Sig. ≤ 0.05
1	20	L2	15.84	a
2	10	L1	11.98	b
3	40	L3	11.28	b

La figura 14 del anexo, muestra la superioridad de longitud de brotes de la planta, destacando la estaca de longitud de 20 cm alcanzando 15.84 cm de longitud de crecimiento de brote; en cambio, la menor longitud de brotes de la planta fue la estaca de longitud de 40 cm, con 11.28 cm.

Al respecto, Narciso (2014), manifiesta que, el tipo de estacas del tercio inferior tuvo mayor tamaño de brotes en promedio con 4.52 cm, seguido del tipo de estacas del tercio

medio con 4.46 cm en promedio, los cuales estadísticamente son similares y superiores al tipo de estacas del tercio superior que solo tuvo 2.13 cm en promedio

De igual manera Rivera (2014), quien obtuvo que la mayor altura de brote encontró en la escala basal con 4.82 cm superando estadísticamente a los demás tratamientos; en segundo lugar, se logró 4.42 cm de altura de brote en la estaca media y la menor altura se obtuvo en la estaca apical con 4.08 cm.

En la tabla 25, se observa la prueba de Tukey para la longitud de brotes bajo el factor dosis de ácido indol 3 butírico sobre longitud de brotes al final de evaluación, en donde se observa que la dosis de 800 ppm tuvo longitud de brotes en promedio con 24.12 cm, el cual es estadísticamente superior a las demás dosis, seguido de la dosis de media de 400 ppm con 9.75 cm en promedio y la dosis de 000 ppm solo tuvo 5.23 cm en promedio.

Tabla 25. Prueba de Tukey para la longitud de brotes según dosis de estacas al final de evaluación.

Orden de merito	Dosis de ácido indol 3 butírico (ppm)	Clave	Longitud de brote (cm)	Sig. ≤ 0.05
1	800	D2	24.12	a
2	400	D1	9.75	b
3	000	D0	5.23	c

La figura 15 del anexo, muestra que la aplicación del enraizante de ácido indol butírico a una dosis de 800 ppm, sobre otras a las estacas de álamo, denotan superioridad de altura de brote con 24.12 cm, frente a los demás tratamientos en estudio.

Al respecto de dosis de ácido indol 3 butírico Narciso (2014), asevera que la dosis alta de 300 ppm tuvo mayor tamaño de brotes en promedio con 4.80 cm, el cual es estadísticamente superior a las demás dosis, seguido de la dosis media de 250 ppm con 4.03 cm en promedio. El testigo sin dosis con 00 ppm solo tuvo 2.84 cm en promedio, estos resultados son ligeramente inferior a lo encontrado en el presente trabajo.

En la tabla 26, se observa la prueba de Tukey para la longitud de brotes bajo la interacción de longitud de estacas y dosis de Ácido Indol 3 Butírico al final de evaluación, en donde se observa que la interacción de la longitud de 20 cm y dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico tuvo mayor longitud de brotes en promedio con 28.04

cm, el cual estadísticamente es superior a las demás interacciones, seguido de la interacción de longitud de 10 cm con dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico con 24.39 cm en promedio, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones. La interacción de la longitud de 10 cm con 000 ppm ácido indol 3 butírico tuvo 3.36 cm, el cual es estadísticamente menor longitud de brote.

Tabla 26. Prueba de Tukey para la longitud de brotes bajo la interacción de longitud de estacas más Dosis de ácido Indol 3 butírico al final de evaluación.

Orden de merito	Longitud de estaca (cm)	Dosis de ácido Indol 3 butírico	Clave	Tamaño de crecimiento (cm)	Sig. ≤ 0.05
1	20	800	L2D2	28.04	a
2	10	800	L1D2	24.39	b
3	40	800	L3D2	19.94	b
4	20	400	L2D1	11.92	c
5	40	400	L3D1	9.14	c d
6	10	400	L1D1	8.18	c d e
7	20	000	L2D0	7.57	c d e
8	40	000	L3D0	4.76	d e
9	10	000	L1D0	3.36	e

La figura 16 del anexo, muestra que, al final de la evaluación, el tratamiento con mejores cualidades de crecimiento de brote del plantón fue la longitud de estacas de 20 cm más 800 ppm de ácido indo butírico, alcanzando un tamaño de 28.04 cm.

4.4. NUMERO DE RAÍCES

En la tabla 27, se observa el análisis de varianza para número de raíces al final de evaluación, en donde se observa que para tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa, es decir, existe heterogeneidad en el número de raíces; para el factor Longitud (L) también existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual indica que existen diferencias en número de raíces; para el factor Dosis (D), igualmente existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que existe diferencias en número de raíces por efecto de las dosis aplicadas; sin embargo, para la interacción de (LxD) no existen diferencias estadísticas significativas, lo cual nos indica que los factores actúan de forma independiente sobre número de raíces. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad es igual a 26.50 %, lo cual nos indica que los datos logrados en la presente investigación son confiables.

Tabla 27. Análisis de varianza de número de raíces al final de evaluación.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamiento	8	4014.200	501.775	60.13	2.055	2.739	**
Factor longitud (L)	2	152.467	76.234	9.14	3.109	4.878	**
Factor dosis (D)	2	3825.267	1912.634	229.21	3.109	4.878	**
L*D	4	36.467	9.117	1.09	2.484	3.560	NS
Error experimental	81	675.900	8.344				
Total	89	4690.101					

CV=26.50%

En la tabla 28, se observa la prueba de significancia de Tukey para número de raíces en el factor de longitud de estaca al final de la evaluación; en donde, se observa que el mayor número de raíces se logró en estacas de longitud 20 cm con un promedio con 12.70 unidades, seguido por la estaca de longitud de 40 cm con 10.33 unidades en promedio y la estaca de longitud de 10 cm con un número de raíces de 9.67 unidades. Del cual estadísticamente la longitud de estaca de 20 cm sobresale con el mayor número de raíces frente a las demás longitudes de estaca. Este comportamiento de lograr un mayor número de raíces en las estacas de propagación, se atribuye a la incorporación del ácido indol 3 butírico, tal como lo afirman, Hartman y Kester, (1997), manifestando que el ácido indol butírico (AIB) es probablemente el mejor material para uso masivo debido a que no es tóxico para las plantas en una amplia gama de concentraciones y es efectivo para estimular el enraizamiento de un gran número de especies de plantas.

Tabla 28. Prueba de Tukey para el número de raíces bajo el factor de longitud de estacas al final de evaluación.

Orden de merito	Longitud de estaca (cm)	Clave	Número de raíces (Unidades)	Sig. ≤ 0.05
1	20	L2	12.70	a
2	40	L3	10.33	b
3	10	L1	9.67	b

La figura 17 del anexo, muestra el número de raíces encontrados en cada tratamiento de la propagación por estacas; en donde, se observa que las estacas de longitud de 20 cm, contienen mayor número de raíces, sobresaliendo en número de raíces en comparación con las estacas de longitud de 10 cm, En consecuencia, el mayor número de raíces en las

estacas de propagación, repercute en la mayor absorción de nutrientes en el sustrato preparado.

En la tabla 29, se observa la prueba de significancia de Tukey para número de raíces bajo el factor dosis de ácido indol 3 butírico al final de evaluación, en donde, se observa que la aplicación del enraizante a una dosis de 800 ppm tuvo mayor número de raíces en promedio con 19.90 unidades, el cual es estadísticamente superior a las demás dosis aplicadas, seguido de la dosis media de 400 ppm con 8.13 unidades en promedio y la dosis de 000 ppm solo tuvo 4.67 unidades en promedio.

Tabla 29. Prueba de Tukey para la numero de raíces según dosis de ácido indol butírico en estacas al final de evaluación.

Orden de merito	Dosis de ácido Indol 3 Butírico (ppm)	Clave	Numero de raíces (Unidades)	Sig. ≤ 0.05
1	800	D2	19.90	a
2	400	D1	8.13	b
3	000	D0	4.67	c

La figura 18 del anexo, confirma la superioridad del número de raíces generados en la estaca al aplicar 800 ppm del ácido indol butírico; esto se atribuye al efecto enraizante promueve el desarrollo de raíces en las estacas, lo cual, Salisbury y Ross (2000), corroboran que el ácido indol butírico se utiliza para causar la formación de raíces.

En la tabla 30, se observa la prueba de Tukey para número de raíces bajo la interacción de longitud de estacas más dosis de Ácido Indol Butírico al final de evaluación, en donde se observa que la interacción de la longitud de 20 cm y dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico tuvo mayor número de raíces en promedio con 22.50 unidades, seguido de la interacción de longitud de 10 cm con dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico con 18.90 unidades en promedio, seguido por la interacción de la longitud de 40 cm con dosis de 800 ppm siendo estadísticamente superiora los demás dosis. La interacción de la longitud de 10 cm con 000 ppm ácido indol 3 butírico tuvo 3.80 unidades y la interacción de la longitud de 40 cm con dosis 000 ppm tuvo 4.10 unidades, siendo estadísticamente menor número de raíces.

Tabla 30. Prueba de Tukey para número de raíces bajo la interacción de longitud de estacas más Dosis de ácido Indol 3 butírico al final de evaluación.

Orden de mérito	Longitud de estaca (cm)	Dosis de ácido Indol 3 butírico	Clave	Numero de raíces (Unidades)	Sig. ≤ 0.05	
1	20	800	L2D2	22.50	a	
2	10	800	L1D2	18.90	a	b
3	40	800	L3D2	18.30		b
4	20	400	L2D1	9.50		c
5	40	400	L3D1	8.60		c
6	10	400	L1D1	6.30		c d
7	20	000	L2D0	6.10		c d
8	40	000	L3D0	4.10		d
9	10	000	L1D0	3.80		d

La figura 19, “del anexo” muestra al menos tres tratamientos con mayores cantidades de raíces; sin embargo, sobresale la estaca con longitud de 20 cm la estaca con longitud de 20 cm más la aplicación de 800 ppm de ácido indol butírico.

4.5. LONGITUD DE RAÍZ

En la tabla 31, se observa el análisis de varianza para longitud de raíz al final de la evaluación, en donde se observa que para tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa, demostrando la heterogeneidad entre tratamientos; para el factor Longitud (L) existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual indica que existen diferencias en la longitud de raíces; para el factor Dosis (D), también existen diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que existe diferencias en la longitud de raíces por efecto de las dosis; para la interacción de LxD no existe diferencia estadística significativa, lo cual nos indica que los factores actúan de forma independiente sobre la longitud de raíces. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad es igual a 24.16 % nos indica que los datos son confiables.

Tabla 31. Análisis de varianza de la longitud de raíz al final de la evaluación.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamiento	8	3762.297	470.287	84.206	2.055	2.739	**
Factor longitud (L)	2	281.991	140.995	25.246	3.109	4.878	**
Factor dosis (D)	2	3432.816	1716.408	307.327	3.109	4.878	**
L*D	4	47.49	11.873	2.126	2.484	3.560	NS
Error experimental	81	452.381	5.585				
Total	89	4214.678					

CV=24.16 %

En la tabla 32, se observa la prueba de significancia de Tukey para la longitud de raíces bajo el factor de longitud de estaca al final de la evaluación, en donde se observa las longitudes de estacas tuvo mayor longitud de raíz la longitud 20 cm con un promedio con 12.06 cm, seguido por la longitud de estaca de 10 cm con 8.59 cm en promedio y la estaca de longitud de 40 cm con una longitud de raíz de 8.47 cm, los cuales estadísticamente la longitud de estaca de 20 cm es superior a las demás dimensiones.

Tabla 32. Prueba de Tukey para la longitud de raíces bajo el factor de longitud de estacas al final de la evaluación.

Orden de merito	Longitud de estaca (cm)	Clave	Longitud de raíces (cm)	Sig. ≤ 0.05
1	20	L2	12.06	a
2	10	L1	8.59	b
3	40	L3	8.47	b

La figura 20 del anexo, muestra que los plantones con una longitud de estaca de 20 cm presentaron las mayores longitudes de raíces, superando a los demás tratamientos, lo que puede favorecer para un establecimiento vigoroso de la plántula.

En la tabla 33, se observa la prueba de significancia de Tukey para la longitud de raíces bajo el factor dosis de ácido indol 3 butírico sobre longitud de raíces al final de la evaluación, en donde se observa que la aplicación de la dosis de 800 ppm tuvo mayor longitud de raíz en promedio con 18.29 cm, el cual es estadísticamente superior a las demás dosis, seguido de la dosis de media de 400 ppm con 7.23 cm en promedio y la dosis de 000 ppm solo tuvo 3.82 cm en promedio.

Tabla 33. Prueba de Tukey para la longitud de raíz según dosis de ácido indol butírico de estacas al final de evaluación.

Orden de merito	Dosis de ácido indol 3 butírico (ppm)	Clave	Longitud de raíces (cm)	Sig. ≤ 0.05
1	800	D2	18.29	a
2	400	D1	7.23	b
3	000	D0	3.82	c

La figura 21 del anexo, muestra que la aplicación de una dosis de 800 ppm de ácido indol butírico a las estacas de álamo, promueven el mayor desarrollo de raíces; esto se atribuye a la mayor concentración de auxinas, lo que promueve el crecimiento de las raíces adventicias de las estacas, a comparación a las estacas que no han sido tratadas que denotan menor crecimiento longitudinal.

En la tabla 34, se observa la prueba de significancia de Tukey para longitud de raíz bajo la interacción de longitud de estacas y dosis de Ácido Indol Butírico al final de evaluación, en donde se observa que la interacción de la longitud de 20 cm y dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico tuvo mayor longitud de raíz en promedio con 21.93 cm, el cual estadísticamente es superior a las demás interacciones, seguido de la interacción de longitud de 10 cm con dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico con 16.70 cm en promedio, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones. La interacción de la longitud de 40 cm con 000 ppm ácido indol 3 butírico tuvo 3.18 cm, el cual es estadísticamente menor longitud de raíz. Al respecto, Castrillon, *et al* (2008), sostienen que, con la aplicación del ácido indol 3 butírico aumenta la viabilidad de las estacas. Las estacas jóvenes demuestran actividad rizogénica y el uso de hormonas es viable para inducir el desarrollo de las raíces adventicias.

Tabla 34. Prueba de Tukey para la longitud de raíz bajo la interacción de longitud de estacas más Dosis de ácido indol 3 butírico al final de la evaluación.

Orden de merito	Longitud de estaca (cm)	Dosis de ácido Indol 3 butírico	Clave	Tamaño de crecimiento de raíz (cm)	Sig. ≤ 0.05
1	20	800	L2D2	21.93	a
2	10	800	L1D2	16.70	b
3	40	800	L2D2	16.24	b
4	20	400	L2D1	9.93	c
5	10	400	L1D2	5.90	d
6	40	400	L2D1	5.87	d
7	20	000	L2D0	4.99	d
8	10	000	L1D0	3.29	d
9	40	000	L3D0	3.18	d

La figura 22 del anexo, denota la superioridad de crecimiento longitudinal de las raíces que corresponde al tratamiento; estaca de longitud de 20 cm más la aplicación de 800

ppm de ácido indol butírico, alcanzando un desarrollo longitudinal de 21.93 cm testigo que oscila en 4.99 y 3.18 cm de crecimiento longitudinal.

De acuerdo con los resultados obtenidos de los parámetros evaluados, sobresalen las diferencias morfológicas durante el desarrollo vegetativo en la propagación por estacas, ha influido la longitud de la estaca y la aplicación de la fitohormona enraizante; además, Hartmann y Kester, (1987), corroboran que la propagación vegetativa a través de estacas es un método preferido en la propagación vegetativa, para árboles y arbustos tanto forestales como ornamentales. Este es rápido y económico, se puede obtener gran número de individuos a partir de una única planta madre, sin cambios genéticos; por lo que, se acepta la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación.

4.6. TIEMPO DE ENRAIZAMIENTO

En la tabla 35, se presenta el análisis de varianza para tiempo de enraizamiento, en donde se observa que entre tratamientos existe diferencia estadística altamente significativa, es decir todos difieren entre sí; para el factor Longitud (L) existe diferencia estadística significativa, lo cual indica que existen diferencias en el tiempo de enraizamiento; para el factor Dosis (D), también existen diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que existe diferencias en el tiempo de enraizamiento por efecto de las dosis; para la interacción de LxD existe diferencia estadística significativa, lo cual nos indica que los factores actúan de forma dependiente sobre el tiempo de enraizamiento. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad es igual a 28.04 %, indicándonos que los datos logrados en la presente investigación son confiables estadísticamente.

Tabla 35. Análisis de varianza para el tiempo de enraizamiento de plántones de álamo

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamiento	8	2333.69	291.71	13.16	2.06	2.74	**
Factor longitud (L)	2	160.09	80.04	3.61	3.11	4.88	*
Factor dosis (D)	2	1803.36	901.68	40.68	3.11	4.88	**
L*D	4	370.24	92.56	4.18	2.48	3.56	**
Error experimental	81	1795.30	22.16				
Total	89	4128.99					

CV=28.04%

En la tabla 36, se observa la prueba de significancia de Tukey para tiempo de enraizamiento bajo el factor de longitud de estaca, en donde, se observa que el mayor

tiempo de enraizamiento de estaca presento la longitud 20 cm con un promedio con 18.83 días; seguido por la longitud de 40 cm con 16.77 días en promedio y la de menor tiempo de enraizamiento fue la estaca de longitud de 10 cm con un tiempo de enraizamiento de 15.17 días.

Tabla 36. Prueba de Tukey para el tiempo de enraizamiento bajo el factor de longitud de estacas.

Orden de merito	Longitud de estaca (cm)	Clave	Tiempo de enraizamiento (días)	Sig. ≤ 0.05	
1	20	L2	18.43	a	
2	40	L3	16.77	a	b
3	10	L1	15.17		b

La figura 23 del anexo, muestra ligera diferencias en el tiempo de enraizamiento en las estacas de álamo, es decir, entre las longitudes de estaca, el tiempo de enraizamiento es diferente, oscilando desde 15 hasta 18 días de enraizamiento, dependiendo de tamaño de la longitud de la estaca.

Los resultados obtenidos del tiempo de enraizamiento son ligeramente similares a lo reportado por Céspedes (2014) indicando, las estacas de 80 cm en carpa solar muestran mayor precocidad en la aparición de los primeros radiculares con un promedio de 3.9 días a diferencia de las estacas de 80 cm y 120cm en campo abierto, que tienen un promedio de 8.4 días. También menciona que las estacas de 120 cm muestran el mayor tiempo de enraizamiento que los demás niveles de longitud.

Asimismo, Hernández (1983) indica que, la reproducción asexual, vegetativa o agamica se debe no solo a la totipotencia de las células vegetales sino a la existencia y producción de hormonas vegetales de tejidos meristemáticos como los que existen en la yemas y entrenudos de las plantas.

De igual manera Hartmann y Kester (1986) mencionan, que las yemas promueven el desarrollo de las raíces justo debajo de las yemas de estacas, es decir, que las yemas en desarrollo forman sustancias semejantes a hormonas y que son transportadas a través del floema a la base de la estaca, donde estimulan la formación de raíces adventicias.

Por su parte Uribe *et al.* (2011) indica que la concentración interna de fitohormona fue suficiente para inducir raíces adventicias, lo que concuerda con lo señalado por Hartmann

et al. (2002). Además, señala que el desarrollo radicular depende del tipo de especie arbórea y de la condición fisiológica en el que se encuentra la estaca al momento de ser recolectada.

En la tabla 37, se observa la prueba de significancia Tukey para tiempo de enraizamiento bajo el factor, aplicación de dosis de ácido indol 3 butírico sobre tiempo de enraizamiento, en donde, se observa que la dosis de 800 ppm tuvo menor tiempo de enraizamiento en promedio con 10.93 días, el cual es estadísticamente superior a las demás dosis, seguido de la dosis de media de 400 ppm con 17.63 días en promedio y la dosis de 000 ppm solo tuvo 21.80 días en promedio.

Tabla 37. Prueba de Tukey para el tiempo de enraizamiento según dosis de ácido indol butírico en estacas al final de la evaluación.

Orden de merito	Dosis de ácido Indol 3 butírico (ppm)	Clave	Tiempo de enraizamiento (días)	Sig. ≤ 0.05
1	000	D0	21.80	a
2	400	D1	17.63	b
3	800	D2	10.93	c

La figura 24 del anexo, muestra las diferencia del tiempo de enraizamiento frente a la aplicación de la fitohormona enraizante, al respecto, se puede indicar que el tratamiento con 800 ppm de ácido indol butírico, induce al rápido enraizamiento, es decir, en el menor número de días, frente al tratamiento testigo, que demoro un mayor número de días en enraizar.

Según Cañaviri (2007), menciona que el comportamiento de las estacas de álamo en el periodo de enraizamiento en condiciones de vivero se destacaron los clones: *P. balsamífera* y *P. alaba*, las cuales tuvieron altos porcentajes de prendimiento son las que mejor se comportan con el uso de dos fitohormonas biológicas específicas de enraizamiento Rootone y Roothor.

En la tabla 38, se observa la prueba de significancia de Tukey para el tiempo de enraizamiento bajo la interacción de longitud de estacas y dosis de Ácido Indol Butírico, en donde, se observa que la interacción de la longitud de 10 cm y dosis de 800 ppm de

ácido indol 3 butírico tuvo menor tiempo de enraizamiento en promedio con 9.70 días, el cual estadísticamente es superior a las demás interacciones, seguido de la interacción de longitud de 40 cm con dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico con 10.30 días en promedio, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones, seguido de la interacción de longitud de 20 cm con dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico con 12.80 días en promedio, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones. La interacción de la longitud de 20 cm con 000 ppm ácido indol 3 butírico tuvo 25.70 días, el cual es estadísticamente mayor tiempo de enraizamiento.

Tabla 38. Prueba de Tukey para tiempo de enraizamiento bajo la interacción de longitud de estacas más Dosis de ácido Indol 3 butírico.

Orden de merito	Longitud de estaca (cm)	Dosis de ácido Indol 3 butírico	clave	tiempo de enraizamiento (días)	Sig. ≤ 0.05				
1	20	000	L2D0	25.70	a				
2	40	400	L3D1	21.30	a	b			
3	10	000	L1D0	21.00	a	b			
4	40	000	L3D0	18.70		b	c		
5	20	400	L2D1	16.80		b	c	d	
6	10	400	L1D1	14.80		b	c	d	e
7	20	800	L2D2	12.80			c	d	e
8	40	800	L3D2	10.30				d	e
9	10	800	L1D0	9.70					e

La figura 25 del anexo, muestra el comportamiento de las estacas y dosis de ácido indol butírico; en donde se aprecia que la aplicación de 800 ppm de ácido indol butírico, promueve el rápido enraizamiento, es decir, se logra en el menor número de días; en cambio, en el tratamiento testigo, el tiempo de enraizamiento se duplica frente a los tratamientos con fitoreguladores de crecimiento.

De acuerdo con los resultados del parámetro evaluado, la aplicación de los tres tipos de dosis del ácido indol 3 butírico como fitohormona enraizante para la propagación de estacas, ha influido en el tiempo de enraizamiento, siendo la dosis de 800 ppm, estimula el desarrollo vegetativo de la producción de plántones en el menor tiempo posible oscilando desde 10 hasta 13 días; en cambio, en el tratamiento testigo la producción de plántones oscilo desde 19 hasta 26 días. En consecuencia, se acepta la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación.



En general para la producción vegetativa de plántulas de álamo, se puede emplear estacas de una longitud de 10, 20, o 40 cm; sin embargo, es imprescindible la aplicación del ácido indol 3 butírico a una dosis de 800 ppm para promover el enraizamiento adventicio, con ello se logra producir plántulas de álamo en vivero, con características morfológicas deseables para su establecimiento forestal a nivel urbano y a nivel rural, embelleciendo los paisajes altiplánicos.



V. CONCLUSIONES

1. Las características morfológicas vegetativas de los plantones de álamo son las siguientes: La superioridad de crecimiento en altura de planta, sobresale la estaca de longitud de 40 cm. alcanzó un desarrollo de 25.16 cm; en cambio, la menor altura fue en la estaca de longitud de 10 cm. En número de brotes la estaca de longitud de 40 cm presento 2.43 brotes; en cambio, el menor fue en la estaca de longitud de 10 cm. En longitud de brote, la estaca de longitud de 20 cm alcanzo 15.84 cm de longitud de brote; en cambio, la menor fue en la estaca de longitud de 40 cm, con 11.28 cm. En número de raíces, las estacas de longitud de 20 cm, contienen mayor número de raíces. En longitud de raíz la estaca de longitud 20 cm presento la mayor longitud superando a los demás tratamientos.
2. El efecto de la dosis de fitohormona en las tres longitudes de estacas de álamo sobre el tiempo de producción de plantones existe diferencia estadística altamente significativa, es decir, la aplicación de la hormona enraizante a una dosis de 800 ppm de ácido indol 3 butírico estimula el desarrollo vegetativo de la producción de plantones en el menor tiempo posible oscilando desde 10 hasta 13 días; en cambio, en el tratamiento testigo la producción de plantones demoro un mayor número de días fluctuando entre 19 a 26 días.



VI. RECOMENDACIONES

1. En la reproducción vegetativa del álamo mediante estacas, se recomienda utilizar estacas de una longitud de 20 cm, con entrenudos cortos, de manera que tenga como mínimo dos yemas, las cuales son obtenidas de la rama del árbol.
2. Para mejorar el enraizamiento en las estacas, se recomienda emplear el sustrato previamente desinfectado y aplicar a las estacas la fitohormona de enraizamiento ácido indol Butírico a una dosis de 800 ppm. Así mismo, se recomienda divulgar los resultados del presente trabajo de investigación a los viveristas de la zona como una alternativa de propagación del álamo e incrementar la producción e ingreso económico.
3. Los plántones producidos, en el tiempo de ejecución de 3 meses tuvieron altura de 28 cm a 40 cm que son adecuados para la plantación en campo definitivo recomendados la plantación en campo definitivo.
4. Realizar investigaciones en época de propagación y recolección que son meses de julio a agosto.



VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, M. y Solano, J. (2002). *Medios o sustratos para la producción de viveros y plantas*. Proyecto VIFINEX. República de China-OIRSA. Costa Rica. 86 pág.
- Arteaga, Y. (2003). *Diseños Experimentales*, ediciones AGAETRA Manual de Asistencia Técnica N° 23, Publicación R.T.A., Edición Ing. Ana Lucia de Román, Bogotá – Colombia.
- Azcon-Bieto J. Y Talón M. (1993). *Fundamentos y Fisiología Vegetal*. Interamericana MCGARAW-HILL. Impreso Edigrafos. España.
- Baldini, E. (1992). *Arboricultura general*. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España.
- Barcelo, W. (1987). *Producción de plantas en Vivero*. Instituto aerotécnico “Margarita O’farrell de Maguire”, Santa Lucia, Buenos Aires, Argentina. 122 pág.
- Barros, O. (1981). *El álamo Manual de asistencia Técnica N°23*, Publicación R.T.A., Edición Ing. Ana Lucia De Román, Bogotá –Colombia 286 pág.
- Barros, S. (2009). *Álamos y sauces. Las salicáceas en el mundo y Chile*. Volumen 15. No 02. Ciencia e investigación forestal. Instituto forestal. Chile. 584 pág.
- Biwell, R.G.S. (1979). *Fisiología vegetal*. Editorial A.G.T., S.A. México. 44 pág.
- Bognetteau, E., (1997). *Propagación de plantas para el desarrollo Forestal Comunal de los Andes Bolivianos*. Proyecto FAO/Holanda/Prefectura, Desarrollo Forestal Comunal en el Altiplano Boliviano. Potosí, Bolivia. 66 pág.
- Boschini, C. y Rodriguez, A. (2002). *Inducción del crecimiento de estacas de morera (*Morus alba*) con ácido indol butírico (AIB)*. Agronomía mesoamericana. Facultad de agronomía. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 72 pág.
- Cañaviri, E. G. (2007). *Reproducción mediante estacas de tres especies de álamo (*Populus spp.*) con tres tipos de fitohormonas*. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz-Bolivia.



- Castrillon, J, Carvajal E., G. Ligarreto y Magnitskiy S. (2008). *Efecto de auxinas sobre el enraizamiento de estacas de agraz (Vaccinium meridionale Swartz), en diferentes sustratos*. Revista Agronomía Colombia 16 - 22; 2008. Consultado 5 de octubre 2019. Disponible en [http //www.scielo.org.co/pdf/agc](http://www.scielo.org.co/pdf/agc).
- Cárdenas, M. (1989). *Manual de plantas económicas de Bolivia*. 2a Edición. Editorial Los Amigos del Libro, La Paz, Bolivia.
- Chavarry, L., (1989). *Propagación por estacas de Cedrela fissilisvell y Poylepis racemosa* R y P. Centro de Investigación y Capacidad Forestal, Proyecto CICAFOR. Lima, Perú. 1-32 pág.
- Charles, M., y Ore, R. (1989). *Manual de jardinería Peruana*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 86 pág.
- COFSF (Centro Operativo Forestal Santa Fe). (2016). *Mejoramiento genético y silvicultural de sauces y álamos*. Boletín Forestal. Año N° 7. Santa Fe – Bolivia.
- Cutler, D. (1978). *Anatomía Vegetal Aplicada*. Longman, Londres. 20 pág.
- Dickmann, D.I. (2001). *An overview of the genus Populus*. Ed: Dickmann, D.I., Isebrand, J.G., Eckenwalde, J.E. and Richardson, J. Poplar culture in North America. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canadá: 42 pág.
- Duarte, O. (1984) *Propagación sexual de plantas*. Editorial NETS. Lima, Perú. Pág. 5-7.
- Duran Montesino, A. (1985). *Viveros*. La Habana, Cuba, Editorial Pueblo y Educación. 40-46 pág.
- Enríquez, G. y Paredes, A. (1989) *El álamo como protector*. EUNED. 3ra reimpresión. Serie Especies Forestales Mayores N° 4 San José Costa Rica. 62 pág.
- FAO. (1996). *Los Álamos y los Sauces en la producción de madera y la utilización de las tierras*. Roma, Italia.
- FAO. (2008). *Síntesis de los informes nacionales de progreso recibidos, elaborados para la 23ª Reunión de la Comisión Internacional del Álamo*, FAO en colaboración



- con la Universidad Forestal de Beijing, China. Internacional del Álamo IPC/6, División de Ordenación Forestal, FAO, Roma
- Fernández, J. (1985). *Propagación germinativa y vegetativa de Drymiswinteri*. Tesis Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia Chile. 163 pág.
- Galloway, G. y Borgo, G. (1993). *Manual de viveros forestales en la sierra Peruana*. Proyecto FAO/Holanda/INFOR. Lima, Peru. 31 pág.
- Gil-Velarde, A. E Iglesias, G. (1989). *El estaquillado. Guía práctica de multiplicación de plantas*. Editorial Mundi-Prensa. España. 42 pp.
- García D. (2012). *Características generales del álamo*. (Consolidado el 22 de diciembre del 2019) disponible en URL http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/_archivos/_biblioteca/bennadji.pdf
- Gutierrez, P. (2006). *84 árboles para las ciudades de Chile*. Escuela de Ingeniería Forestal. Ediciones Universidad Mayor. Santiago, Chile.
- Hanco, M.D. (2013). *Efectos de Fertilizantes foliares en el cultivo de Gladiolos en invernadero*. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano. 110 pág.
- Hartmann, H. y Kester, D. (1987). *Propagación de plantas*. Principios y prácticas. Editorial Blume S.A., Barcelona, España. 320 pág.
- Hartmann, H. y Kester, F.T. Davies y R.L. Geneve, (2002). *Plant propagation: Principles and Practice*. Prentice Hall Inc. New Jersey, USA. 880 pág.
- Hernandez, J. (1983). *Fitotecnia de plantaciones forestales*. Editorial Pueblo y Educación, segunda reimpresión; Playa, La Habana, Cuba 230 p.
- Heede V. (1981). *El estaquillado guía para la multiplicación de plantones*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid España.



- Huanca W. (2000). *Métodos de reproducción asexual de plantas y su aplicación*. Investigación de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Peru.
- Hutson, T. Hartmann Dale E, Kester (1988) *Propagación de plantas principios y prácticas*. Editorial Continental. Traducido del Ingles por Ing. Agro. Antonio Marino Ambrosio. México.
- Killeen T., Garcia, E., Beck, S. (1993). *Guía de Arboles de Bolivia*. Publicado por Herbario Nacional de Bolivia Missouri Botanical Garden. Editorial Instituto de Ecología Universidad Mayor de San Andrés. La Paz Bolivia.
- Leakey, B. (1985). *The capacity for vegetative propagation in tres*. En: Cannell, M.G.R. Jackson, J.E. (eds.) *Attributes of trees as crop plants*. Abbots Ripton, Institute of Terrestrial Ecology. USA. 58 pág.
- Lucana M. (2014). *Producción de plantines de álamo (populus balsamífera l.) a partir de estacas en distintos sustratos en un ambiente controlado, en la Comunidad de Huancané – Departamento de la Paz*. Tesis de grado para optar el cargo en licenciado de Ingeniería Agronómica. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía.
- Mamani, N. (1998). *Semillas y propagación de plantas. Guía de curso*. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 86 pp.
- Márquez L. (2011). *Propagación de Guadua*. Universidad centro occidental Lizandro Alvarado. Venezuela.
- Medina, Y. (2016). *Evaluación de sustancias endógenas promotoras del enraizamiento presentes en Salix Chilensis mediante bioensayos en Vigna radiata, Wilczek y Rubus ulmifolius Schott*. Tesis, título profesional de biólogo. Universidad Nacional de San Agustín. Facultad de Ciencias Biológicas. Arequipa, Perú.
- Mesen, H. (1998). *Reguladores de crecimiento*. Artículo. México. 76 pág.
- Narciso, Q. (2016). *Efecto de sustratos orgánicos y acido indol 3 butírico en el enraizamiento de estacas de rosa (Rosa gallica L.) en invernadero – Puno*. Tesis



Ingeniero Agrónomo. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del altiplano. Puno Perú.

- Ortiz, C. (2014). *Evaluación de la eficacia de tres enraizadores orgánicos y Ácido Indol Acético (AIA) en esquejes de aguaymanto (Physalis peruviana Linnaeus) en Lircay – Angaraes*. Tesis título profesional de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional de Huancavelica. Facultad de Ciencias Agrarias. Huancavelica, Perú.
- Othala, V. y Vidal, G. (2010). *Efectos de las características de la estaca y la utilización del ANA en la propagación de Parchita (Passiflora edulis Deg.)*. Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad del Oriente. Estado Monagas. Venezuela. 32 pág.
- Pretell, J., Ocaña, D., Jon, R., Chura, E. y Barahona, E., (1985). *Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la sierra peruana*. Proyecto FAO/Holanda/INFOR. Lima, Perú. 84-86 pág.
- Pruett, C. (1991). *Bosques de Producción Continua en Europa Estudio Sobre Insectos Polinizadores*. CIMCA Santa Cruz – Bolivia.
- Puente, L. (2008). *Validación clonal de plantas madres promisorias de Myrciaria dubia (HBK. Mc. Vaugh) "camu camu arbustivo" en cámaras de sub irrigación en Ucayali*. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables Mención Forestales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú. 74 pág.
- Puma G. (2010). *Efecto del ácido indolbutirico en el enraizamiento de estacas de ruda (Ruta graveolens Lineo) bajo condiciones de invernadero e intemperie*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del altiplano. Puno Perú.
- Reynel, C. y Leon, J. (1990). *Árboles y arbustos Andinos para la Agroforesteria y Conservación de Suelos*. Proyecto FAO Forestal y Fauna. Lima, Perú. 50-80 pág.
- Rivera, A. (2014). *Efecto de los substratos y la aplicación del ácido indol 3 butírico en el enraizamiento de estacas de la queñua (Polylepis incana Kunth) en el*



- invernadero Puno*. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad nacional del Altiplano. Puno, Perú. 68 p.
- Rodriguez, P. (1996). *Enraizamiento de estacas de tres especie forestales; "Mara" (Swietwnia macrophylla), "Cedro" (Cedrela odorata) y "Paraíso gigante" (Mella azaderach var. Gigante)*. Tesis de Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno. Santa Cruz, Bolivia. 25-29 pp.
- Rovalo, M.Y. y Rojas, M. (1994). *Fisiología Vegetal Experimental*. Editorial LIMUSA, México. 212 pp.
- Salisbury, J. y Ross, M. (2000). *Fitorreguladores. Principios, manejo y Usos*. 76 pág.
- Soto, J. (1995). *Determinación de sustrato para el enraizamiento de esquejes de Queñua (Polylepis incana H.B.K.) Ros. De tres precedencias*. Tesis de la Universidad Técnica de Oruro, Bolivia. 26-27 pág.
- Spavento E. y Keil, G. (2013). *Álamo de procedencia argentina y española. Importancia y usos. Boletín informativo del curso introducción a las ciencias agrarias y forestales de la Universidad Nacional de la Plata*. Argentina, 27 pág.
- Suares, J. (1997). *Propagación de ocho especies forestales. Pasantía de la Universidad Mayor de San Simón, Escuela Técnica Superior Forestal*. Cochabamba, Bolivia. 1-7 pág.
- Trujillo, E., (1989). *Manejo de semilla, viveros y plantación inicial, dentro de estudios del trabajo (CEDETRABAJO)*. Colombia. 117 pág.
- Uribe, M., Duran, R., Bravo, G., Mora, F. Cartes, P. y Delaveau, C. (2011). *Propagación vegetativa de Berberidopsis carallina Hook.f., una especie en extinción, endémica de Chile*. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Proyecto DIUC N° 203.412.003-1.0.136 pág.
- Valenzuela, O., Lallana, V., Tonelli, B. Rothman, S y Lallana, M. (2000). *El Estiércol de lombriz: un material alternativo para ser utilizado como sustrato*. Facultad de



Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Entre Ríos. Proyecto PID-UNER, Córdoba; Argentina. 70 pp.

Velez, L.A. (1985). *Enraizamiento de estacas de talo de cinco especies forestales*. Medellín, Colombia. 78 pág.

Vera, J. Suarez, C., y Moreira, M. (1998). *Manual de Plantaciones de Álamo Por: INIAP-PROTECA*, Estación Experimental “Pueblo Nuevo”, Manual N° 25 Quito-Ecuador. 135 pág.

Villarpando, D. Villarpando, P. Villalobos, J. (2011). *Fichas botánicas de especies agroforestales nativas aptas para tierras altoandinas*. Proyecto de adaptación al impacto del retroceso acelerado de los glaciares en los andes tropicales. Bolivia.

Weaver R. (1996). *Reguladores de crecimiento de los plántones en la agricultura* Editorial Ezequiel S.A. México.

ANEXOS

ANEXO 1. Incremento de altura de crecimiento al primer mes de evaluación (cm/plantón).

Rep.	ESTACA = 10CM			ESTACA = 20CM			ESTACA = 40CM		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2
r1	3.45	4.45	7.50	8.50	11.30	14.10	0.00	19.00	22.60
r2	3.55	3.92	7.00	8.66	11.00	15.60	20.50	18.80	22.80
r3	3.40	4.73	6.50	8.55	10.80	14.50	18.50	18.70	23.00
r4	3.00	3.85	7.30	9.66	12.00	12.00	20.55	18.90	21.60
r5	2.94	3.90	6.70	9.95	14.30	14.40	0.00	17.00	23.50
r6	3.10	3.89	8.00	10.95	13.00	15.50	18.40	21.10	20.50
r7	3.50	4.90	7.20	10.95	12.10	12.80	16.65	13.10	20.20
r8	3.65	4.90	6.10	9.50	13.40	14.90	18.45	16.90	21.20
r9	3.75	3.85	6.70	10.94	11.50	10.52	16.40	15.95	17.00
r10	3.55	4.95	6.20	11.00	11.30	14.50	0.00	19.00	20.50
Sum.	33.89	43.34	69.2	98.66	120.7	138.82	129.45	178.45	212.9
Prom.	3.39	4.33	6.92	9.87	12.07	13.88	12.95	17.85	21.29
Prom.	4.88			11.94			17.36		

ANEXO 2. Incremento de altura de crecimiento al segundo mes de evaluación (cm/plantón).

Rep.	ESTACA = 10CM			ESTACA = 20CM			ESTACA = 40CM		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2
r1	5.80	9.00	17.30	11.50	16.20	25.50	0.00	22.20	29.90
r2	0.00	8.80	15.30	0.00	15.50	25.50	23.20	18.00	31.20
r3	6.00	0.00	16.50	11.80	17.10	25.20	21.00	23.30	31.20
r4	5.10	6.30	17.30	12.50	17.50	20.80	24.20	24.90	29.80
r5	4.80	8.30	16.60	11.50	18.30	24.50	0.00	16.00	31.00
r6	4.90	7.50	16.40	14.10	18.10	25.30	21.20	24.10	27.30
r7	0.00	8.00	17.40	14.00	16.30	21.60	19.00	16.00	24.50
r8	6.00	7.90	17.20	11.90	16.40	25.90	18.00	21.40	28.90
r9	5.50	0.00	15.50	13.00	16.20	22.50	19.20	19.10	24.50
r10	0.00	8.90	15.20	13.50	14.10	22.10	0.00	22.50	28.00
Sum.	38.10	64.7	164.7	113.8	165.7	238.9	145.8	207.5	286.3
Prom.	3.81	6.47	16.47	11.38	16.57	23.89	14.58	20.75	28.63
Prom.	8.92			17.28			21.32		

Anexo 3. Incremento de altura de crecimiento al tercer mes de evaluación (cm/plantón).

Rep.	ESTACA = 10CM			ESTACA = 20CM			ESTACA = 40CM		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2
r1	7.00	12.50	27.50	12.50	22.50	35.50	0.00	25.50	41.20
r2	0.00	11.80	28.50	0.00	20.50	40.20	22.30	0.00	35.50
r3	7.50	0.00	24.50	14.50	23.50	41.50	20.30	28.50	41.20
r4	6.20	12.50	30.30	14.00	23.50	32.50	18.40	31.50	44.50
r5	7.00	13.50	24.50	13.80	28.70	35.60	0.00	0.00	39.50
r6	7.60	10.10	32.50	15.00	27.50	42.30	22.50	25.50	40.10
r7	0.00	16.50	32.00	16.30	22.50	41.80	24.20	24.50	43.50
r8	8.90	15.50	34.20	12.80	21.20	38.80	0.00	26.10	38.50
r9	8.50	0.00	24.50	14.40	21.10	43.10	18.50	24.50	45.50
r10	0.00	11.50	25.40	13.90	18.20	37.50	0.00	32.50	40.40
Sum.	52.70	103.90	283.9	127.2	229.2	388.8	126.2	218.6	409.9
Prom.	5.27	10.39	28.39	12.72	22.92	38.88	12.62	21.86	40.99
Prom.	14.68			24.84			25.16		

Anexo 4. Numero de brotes (N°/plantón).

Rep.	ESTACA = 10CM			ESTACA = 20CM			ESTACA = 40CM		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2
r1	1	1	2	1	1	3	0	3	5
r2	1	1	2	1	2	2	1	2	4
r3	1	1	2	1	1	3	1	2	5
r4	1	1	2	1	2	4	2	2	3
r5	1	1	2	1	1	3	0	3	4
r6	1	2	2	1	1	3	1	2	5
r7	1	1	2	1	1	3	1	1	4
r8	1	2	2	1	2	3	2	2	3
r9	1	1	2	1	1	2	1	3	5
r10	1	1	2	1	1	3	0	2	4
Sum.	10	12	20	10	13	29	9	22	42
Prom.	1	1.2	2	1	1.3	2.9	0.9	2.2	4.2
Prom.	1.4			1.7			2.4		

Anexo 5. Numero de brotes (N°/plantón).

Rep.	ESTACA = 10CM			ESTACA = 20CM			ESTACA = 40CM		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2
r1	6	10	21	8	10	22	0	10	18
r2	0	9	18	0	11	20	6	0	16
r3	4	0	19	7	9	24	7	8	17
r4	4	8	18	9	10	24	8	12	19
r5	5	7	17	8	9	25	0	0	20
r6	8	7	20	7	9	22	6	13	16
r7	0	8	21	8	11	25	6	11	16
r8	6	6	19	4	9	22	0	11	20
r9	5	0	18	4	8	20	8	12	23
r10	0	8	18	6	9	21	0	9	18
Sum.	38	63	189	61	95	225	41	86	183
Prom.	3.8	6.3	18.9	6.1	9.5	22.5	4.1	8.6	18.3
Prom.	9.7			12.7			10.3		

Anexo 6. Longitud de brotes (cm/brote).

Rep.	ESTACA = 10CM			ESTACA = 20CM			ESTACA = 40CM		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2
r1	8.00	10.50	22.50	9.50	12.50	24.50	0.00	10.30	20.20
r2	0.00	12.50	29.50	0.00	10.50	31.00	7.50	0.00	14.50
r3	5.50	0.00	20.50	8.90	13.50	29.50	8.50	10.50	20.20
r4	4.20	6.90	25.30	6.50	12.50	32.00	8.40	16.80	20.20
r5	4.90	10.50	20.50	9.80	15.70	28.50	0.00	0.00	19.50
r6	5.10	7.10	27.50	6.50	15.50	29.30	7.80	7.20	22.10
r7	0.00	12.50	27.00	7.50	11.50	31.80	8.20	12.50	21.00
r8	5.90	11.50	30.20	7.80	9.20	25.80	0.00	10.10	18.50
r9	0.00	0.00	19.50	8.90	10.10	22.50	7.20	9.50	20.80
r10	0.00	10.30	21.40	10.30	8.20	25.50	0.00	14.50	22.40
Sum.	33.60	81.80	243.9	75.7	119.2	280.4	47.6	91.4	199.4
Prom.	3.36	8.18	24.39	7.57	11.92	28.04	4.76	9.14	19.94
Prom.	11.98			15.84			11.28		

Anexo 7. Numero de raíces (N°/plantón).

Rep.	ESTACA = 10CM			ESTACA = 20CM			ESTACA = 40CM		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2
r1	6	10	21	8	10	22	0	10	18
r2	0	9	18	0	11	20	6	0	16
r3	4	0	19	7	9	24	7	8	17
r4	4	8	18	9	10	24	8	12	19
r5	5	7	17	8	9	25	0	0	20
r6	8	7	20	7	9	22	6	13	16
r7	0	8	21	8	11	25	6	11	16
r8	6	6	19	4	9	22	0	11	20
r9	5	0	18	4	8	20	8	12	23
r10	0	8	18	6	9	21	0	9	18
Sum.	38	63	189	61	95	225	41	86	183
Prom.	3.8	6.3	18.9	6.1	9.5	22.5	4.1	8.6	18.3
Prom.	9.7			12.7			10.3		

Anexo 8. Longitud de raíces (cm/raíz).

Rep.	ESTACA = 10CM			ESTACA = 20CM			ESTACA = 40CM		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2
r1	5.50	8.20	18.50	5.00	11.30	22.50	0.00	8.20	17.10
r2	0.00	8.00	15.30	0.00	10.10	20.50	6.70	0.00	16.40
r3	4.50	0.00	13.50	4.30	9.50	21.60	5.30	6.80	15.50
r4	3.90	7.90	16.60	5.60	8.30	23.40	6.50	7.50	15.60
r5	4.50	8.40	14.50	6.80	14.30	20.20	0.00	0.00	14.30
r6	4.30	5.40	16.50	5.00	10.30	22.50	5.50	6.50	18.40
r7	0.00	6.50	18.20	6.20	10.10	25.60	4.60	7.50	15.60
r8	3.90	6.60	19.50	5.50	9.60	20.20	0.00	6.40	14.60
r9	5.20	0.00	18.50	5.30	8.30	22.50	4.30	8.50	16.50
r10	0.00	8.00	15.90	6.20	7.50	20.30	0.00	7.30	18.40
Sum.	31.80	59.00	167.00	49.90	99.30	219.30	32.90	58.70	162.40
Prom.	3.18	5.90	16.70	4.99	9.93	21.93	3.29	5.87	16.24
Prom.	8.59			12.28			8.47		

Anexo 9. Tiempo de enraizamiento (días/tratamiento).

Rep.	ESTACA = 10CM			ESTACA = 20CM			ESTACA = 40CM		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2
r1	20.00	15.00	8.00	28.00	16.00	14.00	0.00	21.00	15.00
r2	22.00	15.00	10.00	24.00	18.00	16.00	28.00	21.00	15.00
r3	19.00	18.00	8.00	24.00	18.00	14.00	28.00	21.00	11.00
r4	20.00	16.00	10.00	25.00	18.00	10.00	25.00	19.00	12.00
r5	19.00	16.00	10.00	24.00	18.00	10.00	0.00	20.00	8.00
r6	19.00	10.00	10.00	26.00	18.00	14.00	28.00	21.00	13.00
r7	23.00	16.00	8.00	25.00	15.00	10.00	25.00	20.00	8.00
r8	19.00	10.00	12.00	25.00	16.00	14.00	25.00	24.00	16.00
r9	25.00	16.00	8.00	28.00	15.00	12.00	28.00	20.00	10.00
r10	24.00	16.00	13.00	28.00	16.00	14.00	0.00	25.00	11.00
Sum.	210.00	148.00	97.00	257.00	168.00	128.00	187.00	212.00	119.00
Prom.	21.00	14.80	9.70	25.70	16.80	12.80	18.70	21.20	11.90
Prom.	15.17			18.43			17.27		

Anexo 10. Datos de temperaturas registradas en el invernadero durante el experimento

DIAS	TEMPERATURAS °C							
	OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		ENERO	
1			12.3	27.8	12.5	29.2	11.5	28.2
2			12.4	28	13	29.4	11.7	28.4
3			12.7	28.2	13	31.4	12.2	29.4
4			13	29.8	13.2	28.3	11.8	28.3
5			13.2	29.4	13.8	30.2	12.2	30.2
6			12.5	27.2	12.5	30.3	12	30.3
7			11.6	27.5	12.7	29.6	12.7	30.6
8			11.4	27.2	12.5	29.5	12.5	31.5
9	13.2	25	12.3	28.4	12.1	30.2	12.1	29.5
10	13.5	24.2	12.5	28.3	12.6	30.5	12.1	28
11	13	25	12.7	28.6	12.8	31.8		
12	12.5	26	11.5	27.7	13	31.7		
13	14	26.2	11.6	25.6	12.7	29.6		
14	11	24.6	12.2	26.7	13.1	30.5		
15	12.4	26.8	12.3	27	12.9	30.1		
16	12.4	25	12.6	27.2	12.8	30.6		
17	11.2	26.9	11.8	25.6	12.5	28.8		
18	12.5	23	11.6	25.4	12.1	26.6		
19	13.1	24	11.3	25.4	13	29.7		
20	12.2	24.1	11.7	26.7	13.6	30.6		
21	13.2	25	11.3	26.8	13.7	29.8		
22	13.5	24.2	11.4	25.2	13.1	31.7		
23	13	25	11.5	24.6	13.1	31.6		
24	12.5	26	11.6	24.4	12.7	31.8		
25	14	26.2	11.7	24.2	12.2	29.6		
26	11	24.6	12.2	26.4	13.1	32.7		
27	12.4	26.8	12.5	26	13.1	30.6		
28	12.4	25	12.4	26.3	12.7	31.8		
29	13.2	26.9	12.8	27.4	12.5	29.6		
30	12.5	23	12.2	27.6	13.5	33.5		
31	13.1	24			12.5	32.1		
Promedio	12.7	25.1	12.1	26.9	12.9	30.4	12.08	29.44

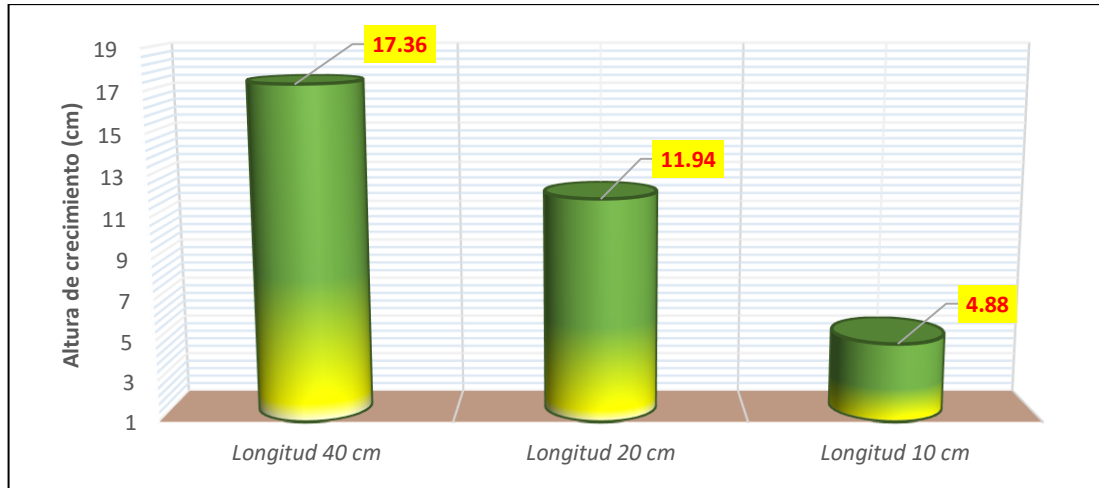


Figura 2. Incremento de altura de plantón según factor longitud de estacas al primer mes de evaluación.

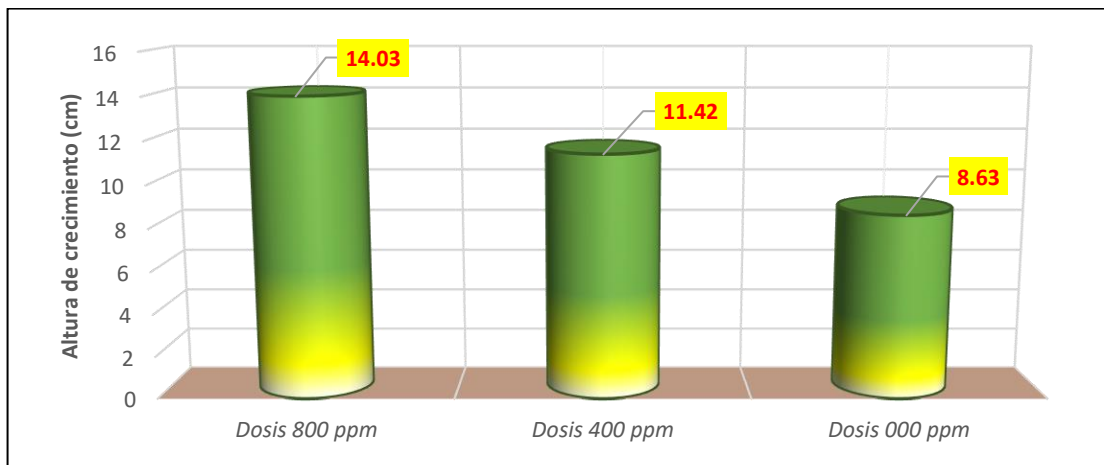


Figura 3. Incremento de altura de plantón según factor dosis de Ácido Indol Butírico al primer mes de evaluación.

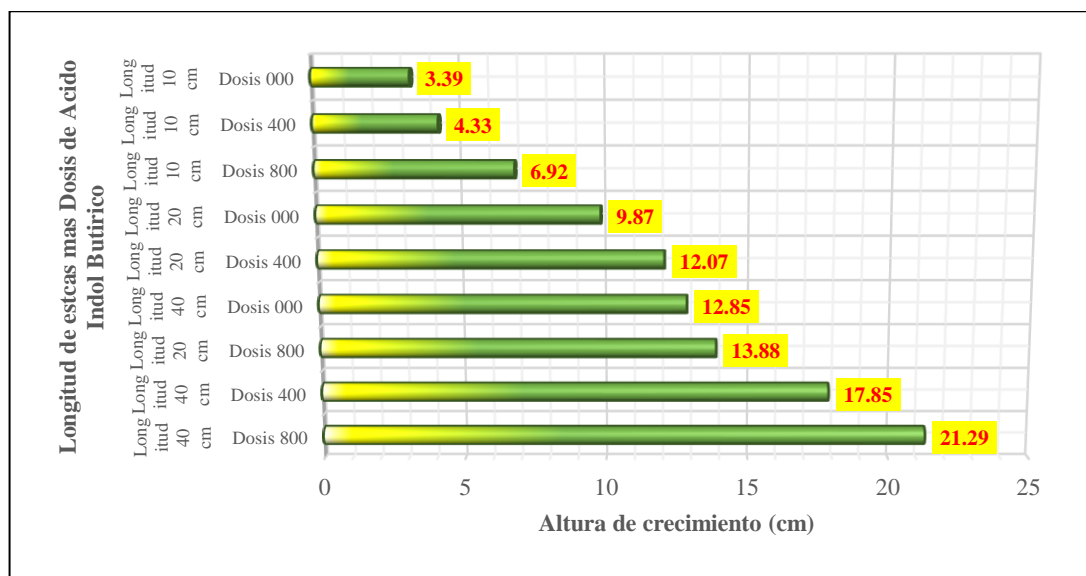


Figura 4. Incremento de altura de plantón según la interacción de longitud de estacas más dosis de Ácido Indol Butírico al primer mes de evaluación.

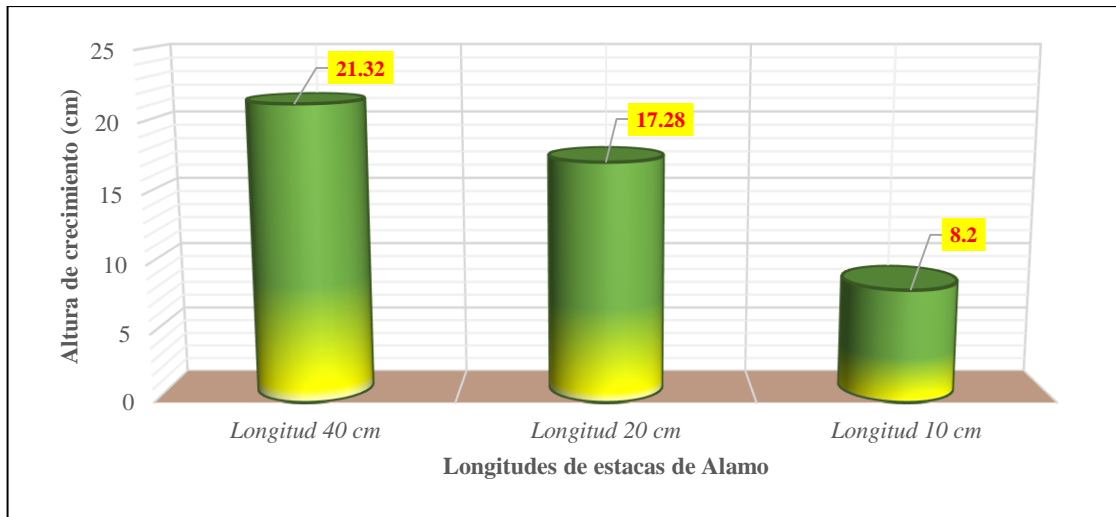


Figura 5. Incremento de altura de plantón según factor longitud de estacas al segundo mes de evaluación.

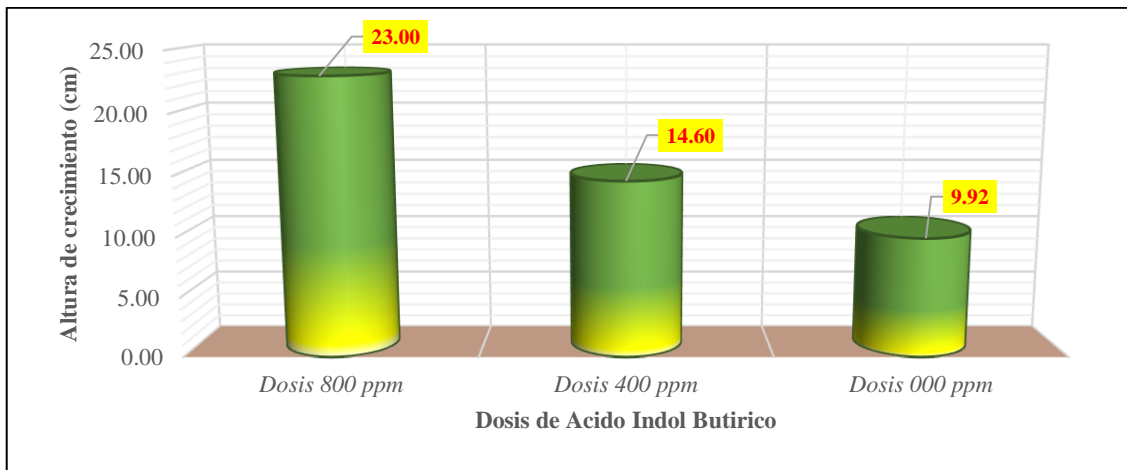


Figura 6. Incremento de altura del plantón según factor dosis de Ácido Indol Butírico al segundo mes de evaluación.

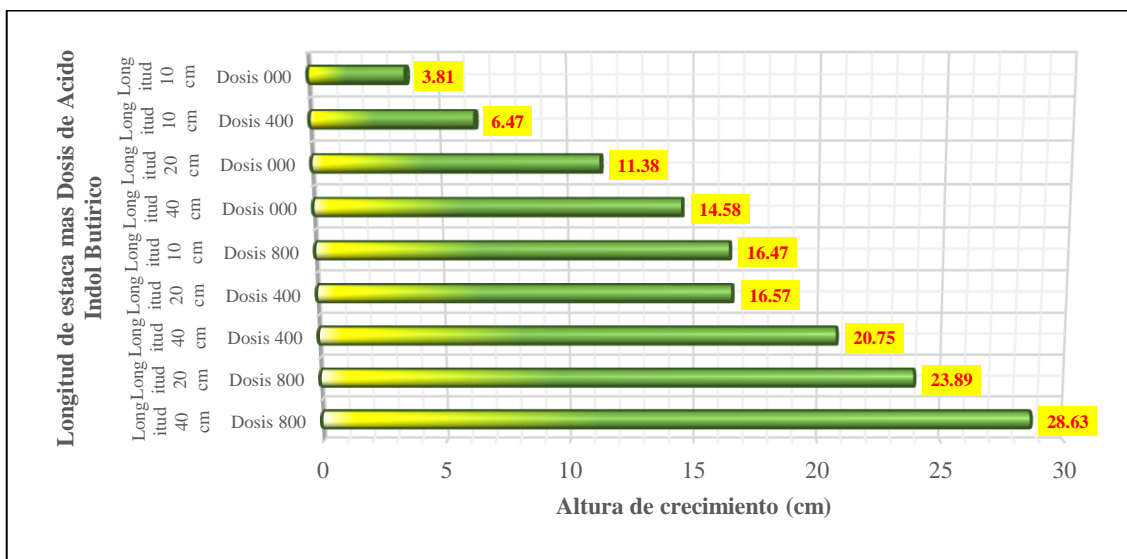


Figura 7. Incremento de altura del plantón según factor longitud de estacas más dosis de Ácido Indol 3 Butírico al segundo mes de evaluación.

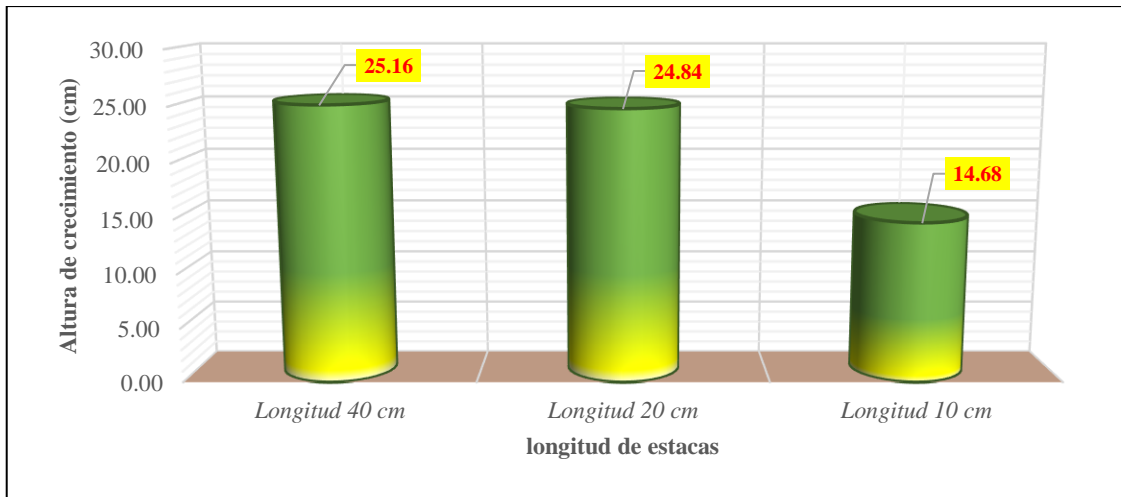


Figura 8. Incremento de altura del plantón según factor longitud de estacas al tercer mes de evaluación.

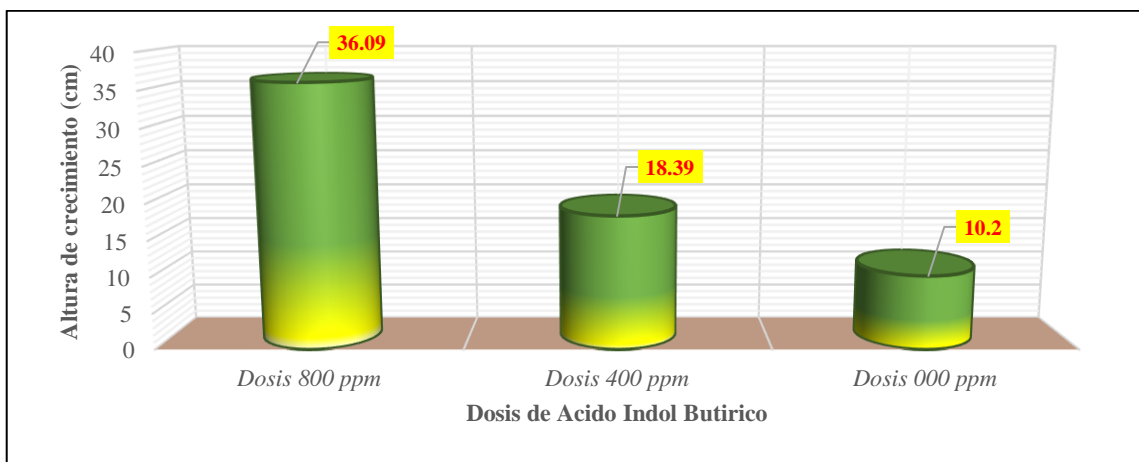


Figura 9. Incremento de altura de plantón según factor dosis de Ácido Indol 3 Butírico al tercer mes de evaluación.

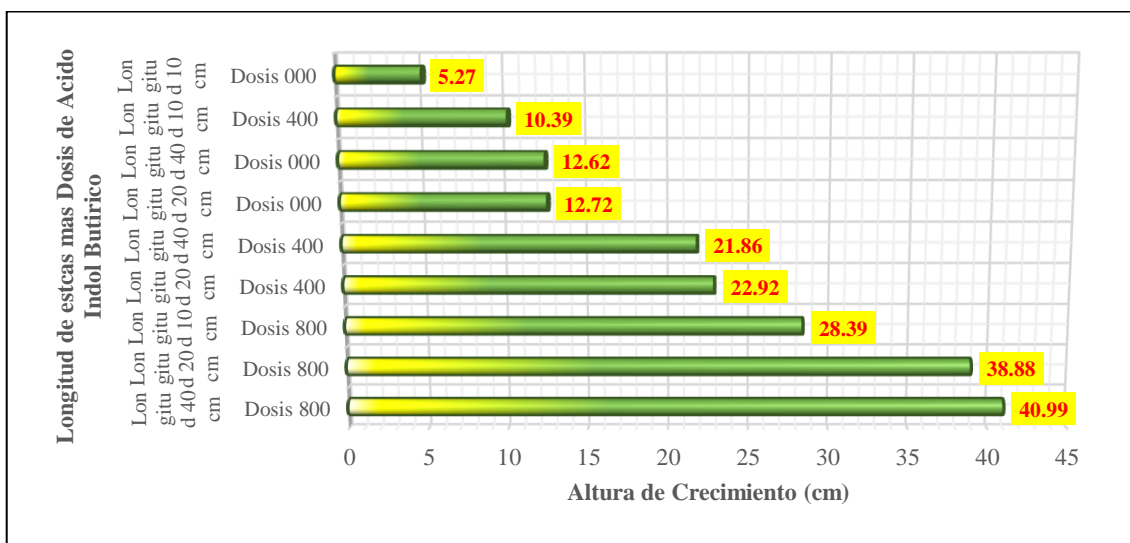


Figura 10. Incremento de altura del plantón según factor longitud de estacas más dosis de Ácido Indol 3 Butírico al tercer mes de evaluación.

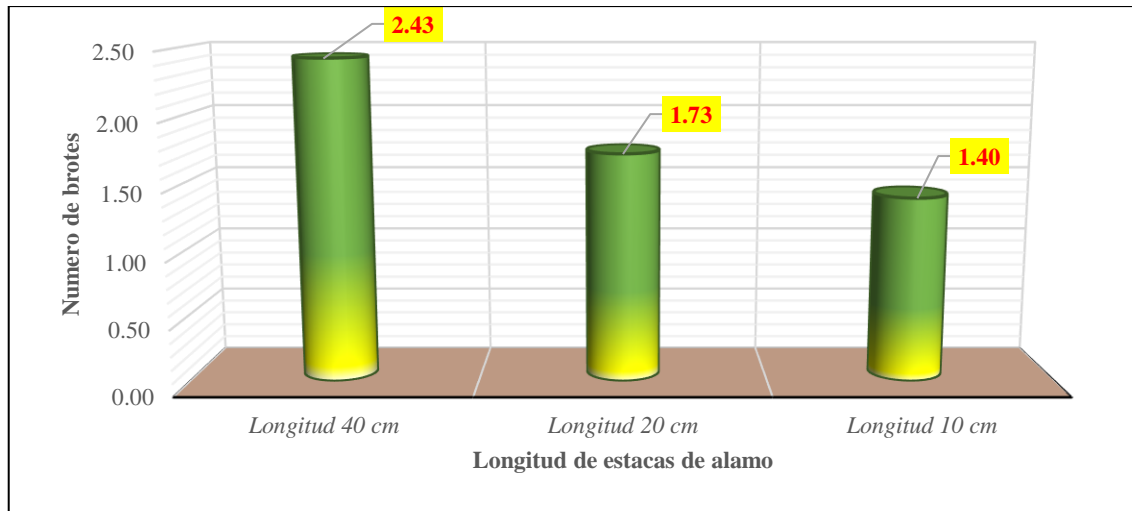


Figura 11. Numero de brotes según factor longitud de estacas al final de evaluación.

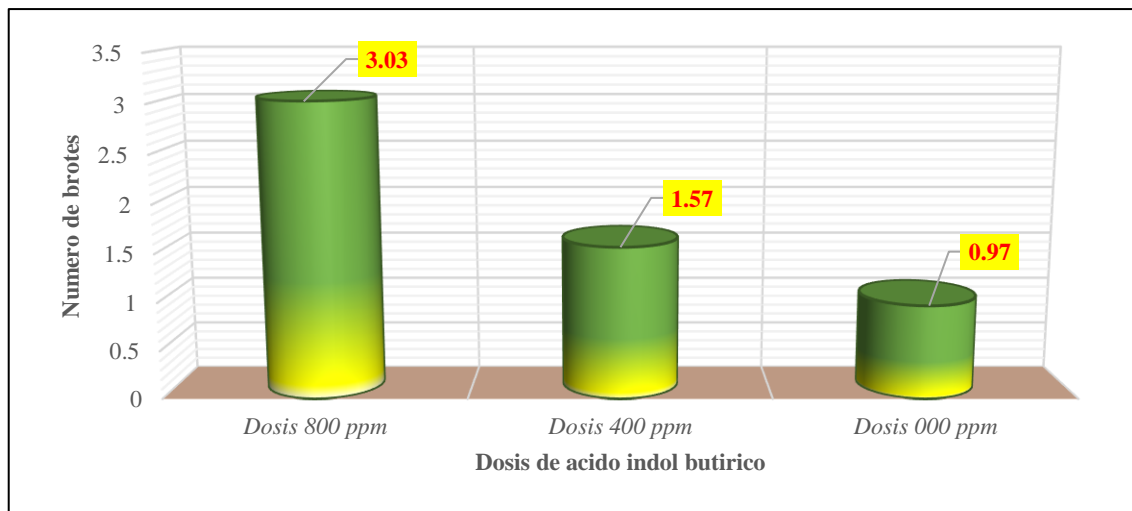


Figura 12. Número de brotes según factor dosis de Ácido Indol 3 Butírico al final de evaluación.

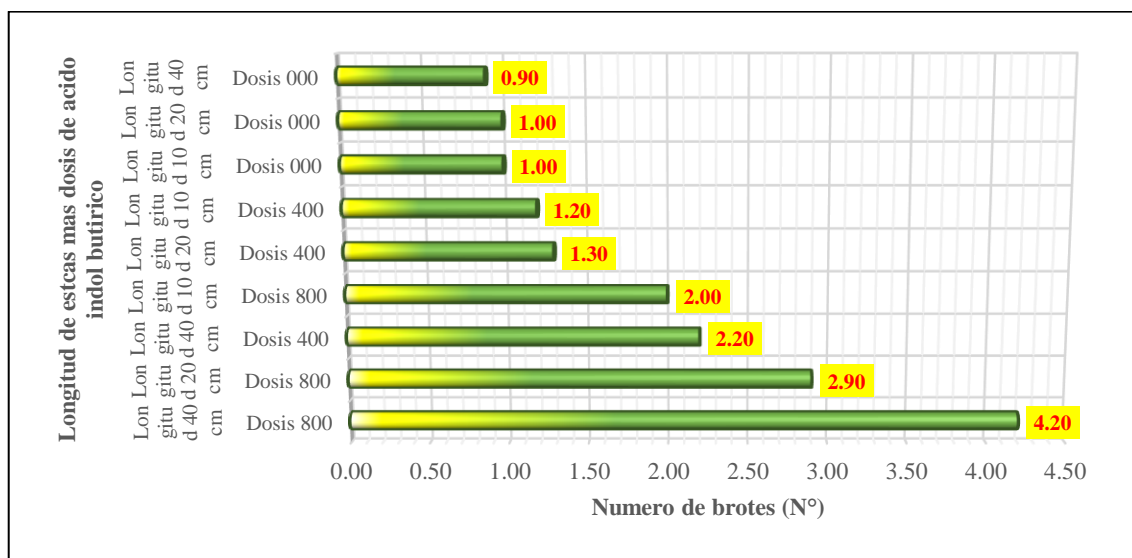


Figura 13. Número de brotes según factor longitud de estacas más dosis de Ácido Indol 3 Butírico al final de evaluación.

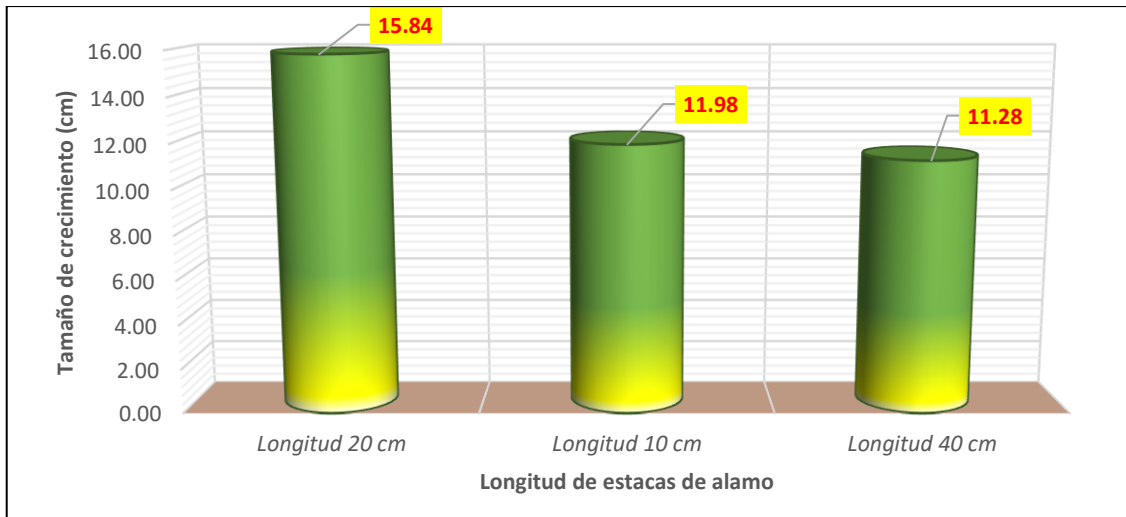


Figura 14. Longitud de brotes según factor longitud de estacas al final de evaluación.

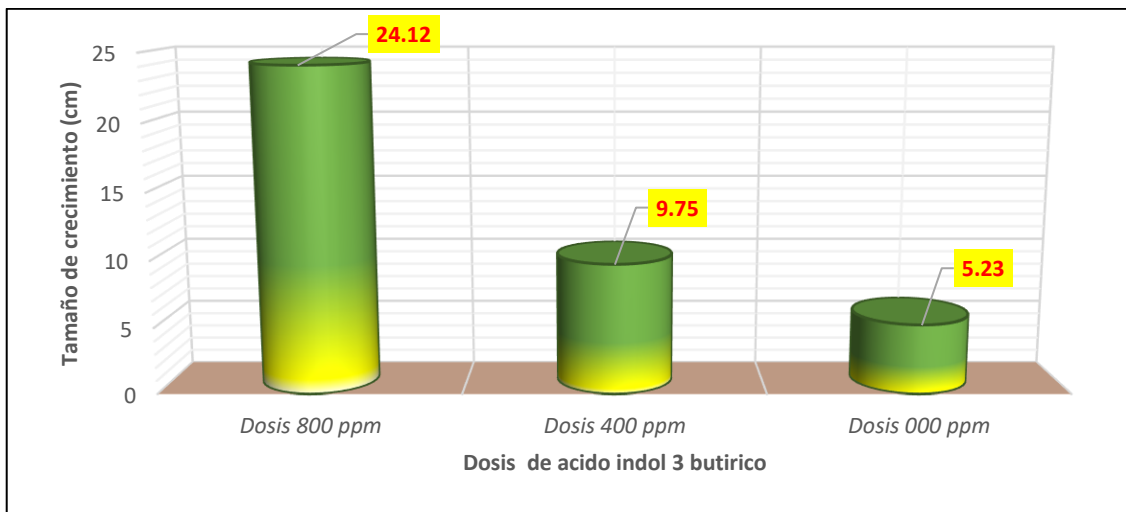


Figura 15. Longitud de brotes según factor dosis de Ácido Indol 3 Butírico al final de evaluación.

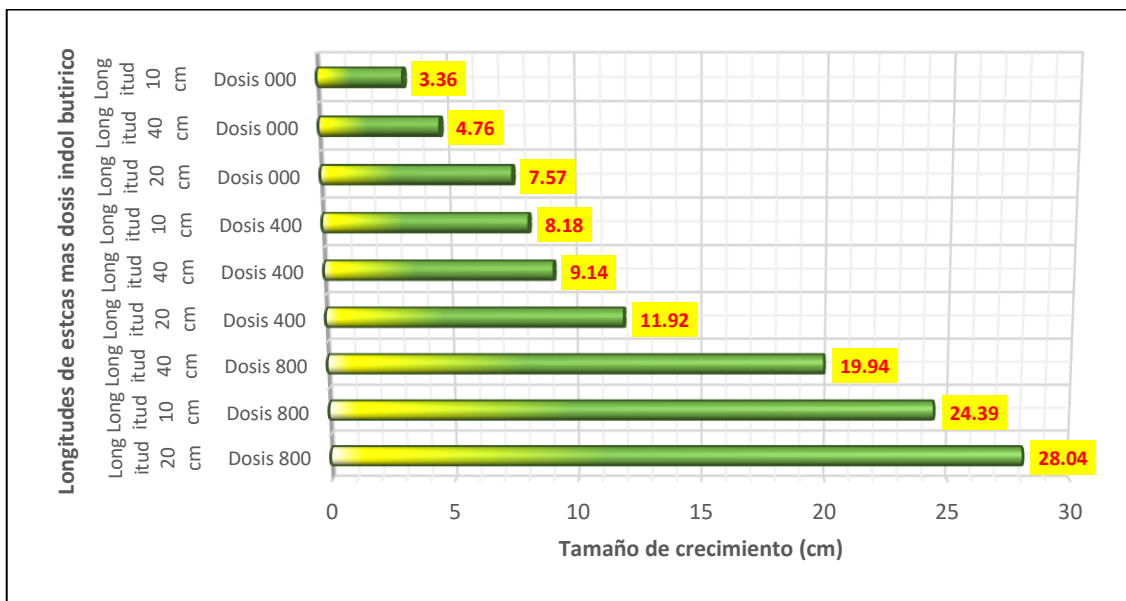


Figura 16. Longitud de brotes según factor longitud de estacas más dosis de Ácido Indol 3 Butírico al final de evaluación.

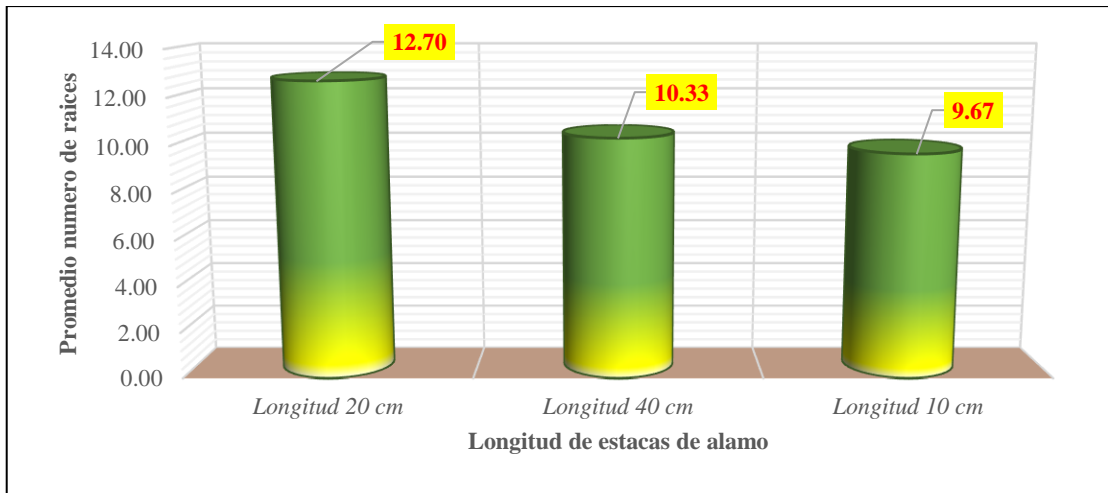


Figura 17. Numero de raíces según factor longitud de estacas al final de evaluación.

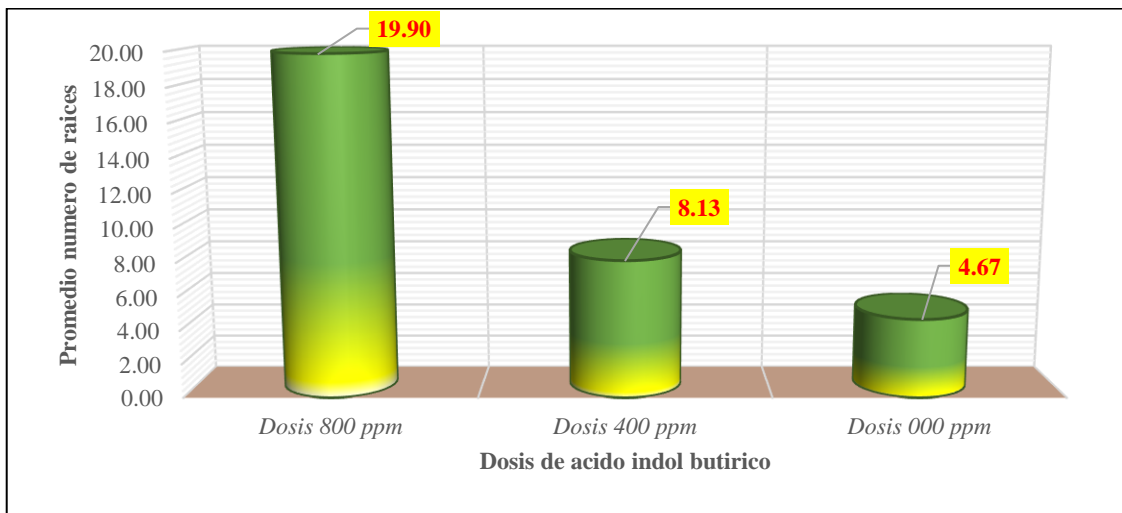


Figura 18. Numero de raíces según factor dosis de Ácido Indol 3 Butírico al final de evaluación.

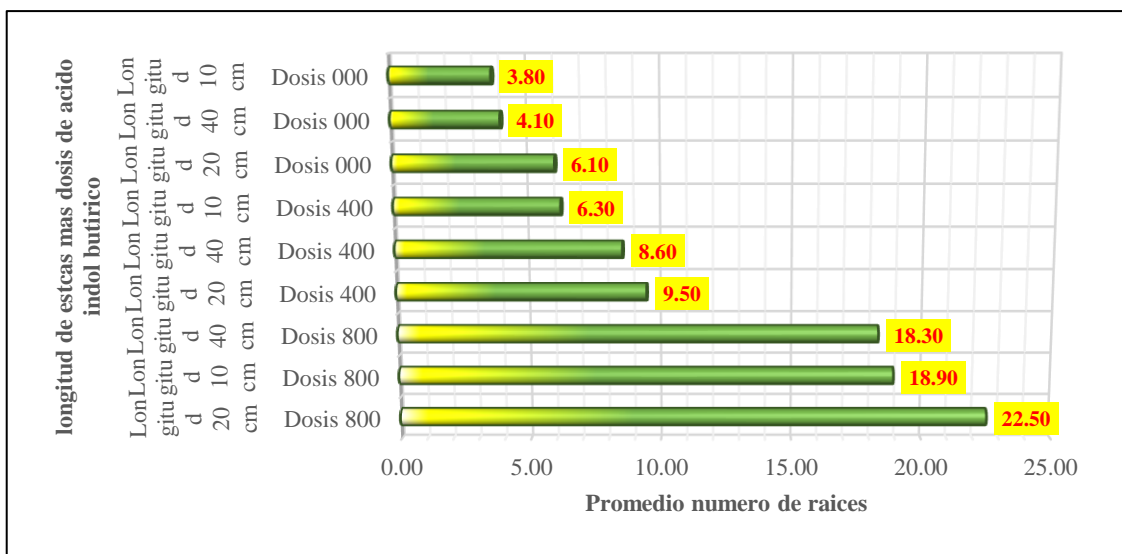


Figura 19. Número de raíces según factor longitud de estacas más dosis de Ácido Indol Butírico al final de evaluación.

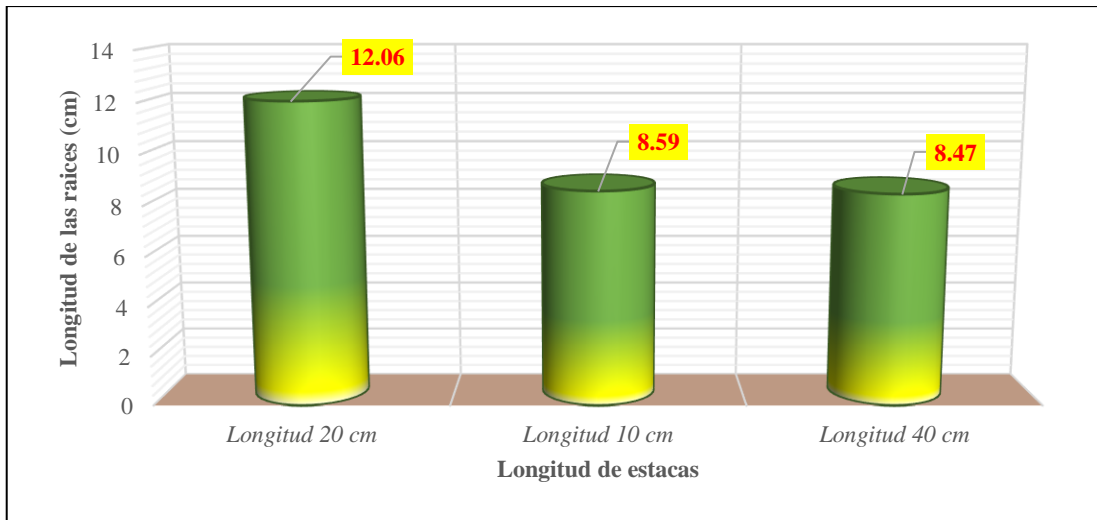


Figura 20. Longitud de raíces según factor longitud de estacas al primer mes de evaluación.

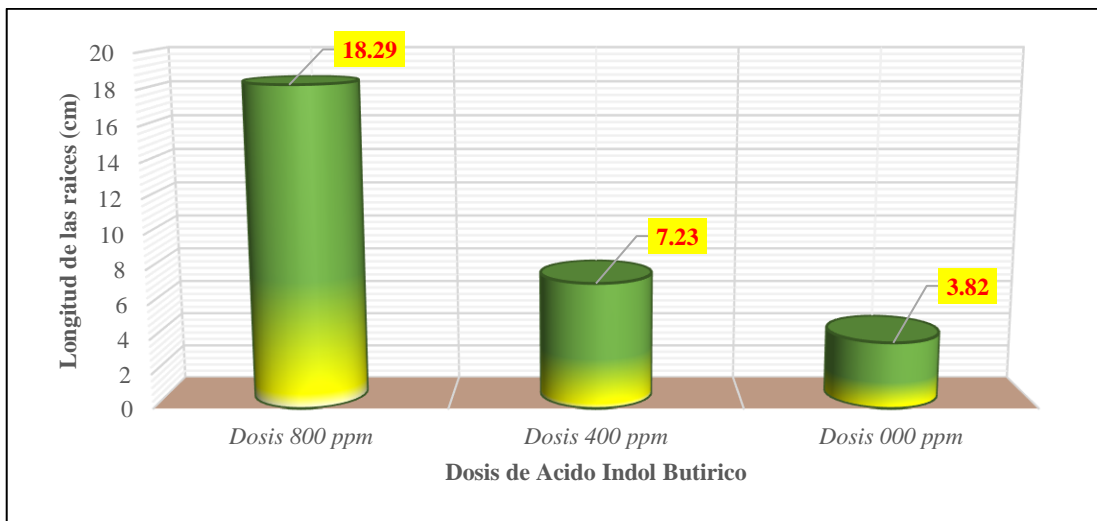


Figura 21. Longitud de raíces según factor dosis de Ácido Indol Butírico al final de evaluación.

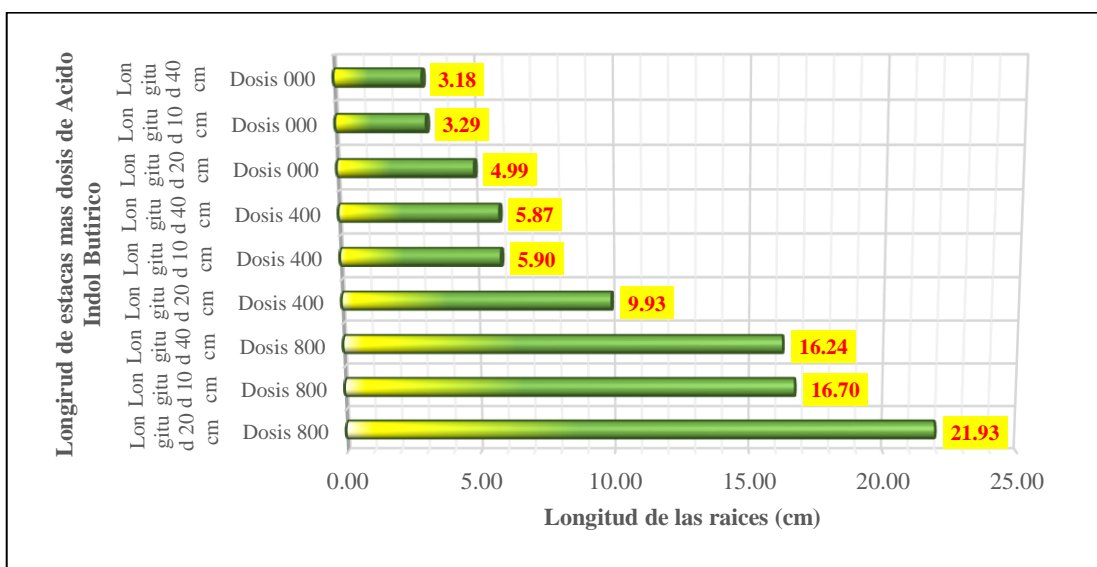


Figura 22. Longitud de raíz según factor longitud de estacas más dosis de Ácido Indol 3 Butírico al final de la evaluación.

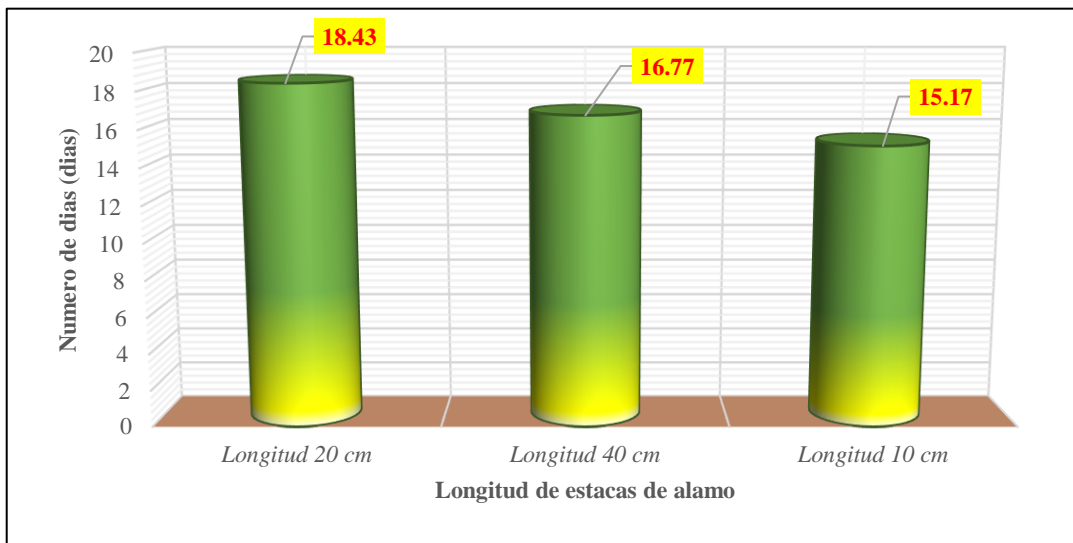


Figura 23. Tiempo de enraizamiento según factor longitud de estacas.

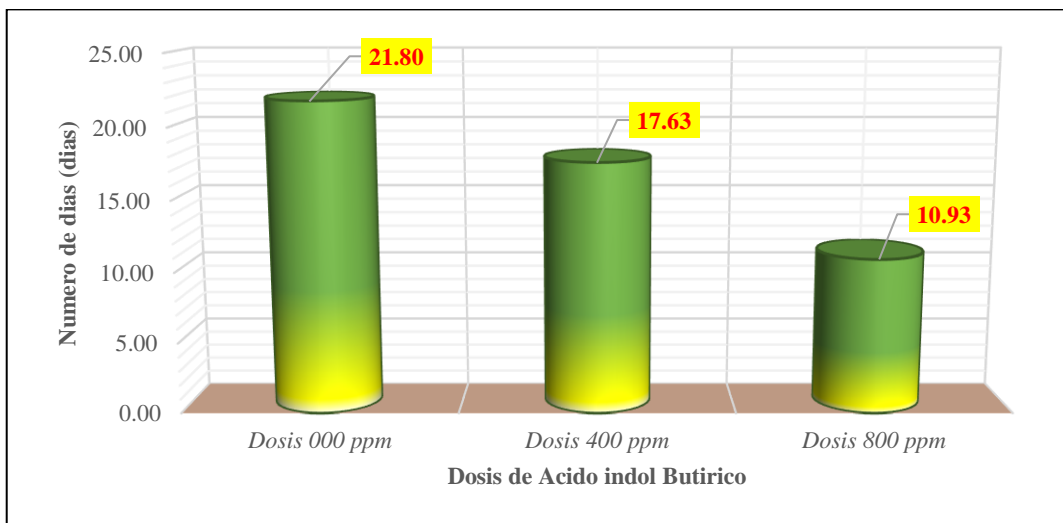


Figura 24. Tiempo de enraizamiento según factor dosis de Ácido Indol 3 Butírico.

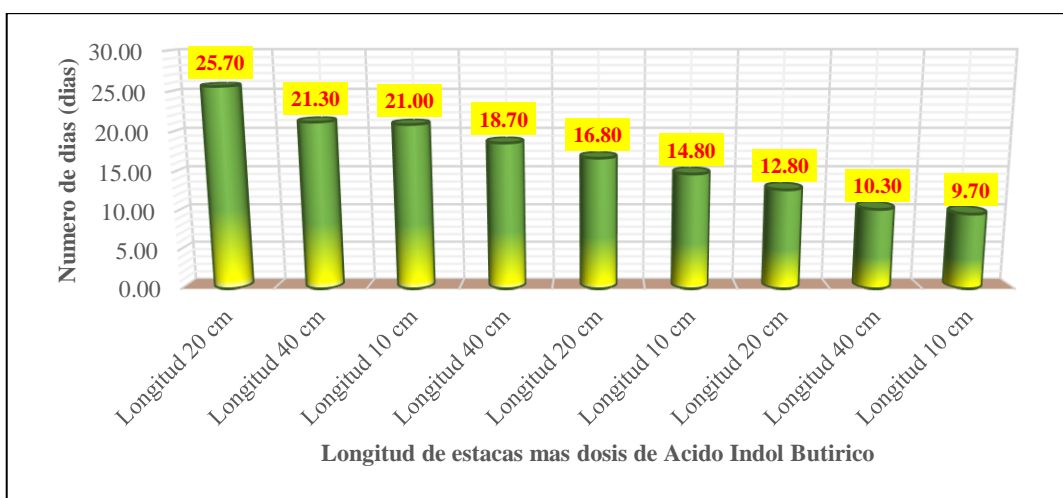


Figura 25. Tiempo de enraizamiento según factor longitud de estacas más dosis de Ácido Indol 3 Butírico.

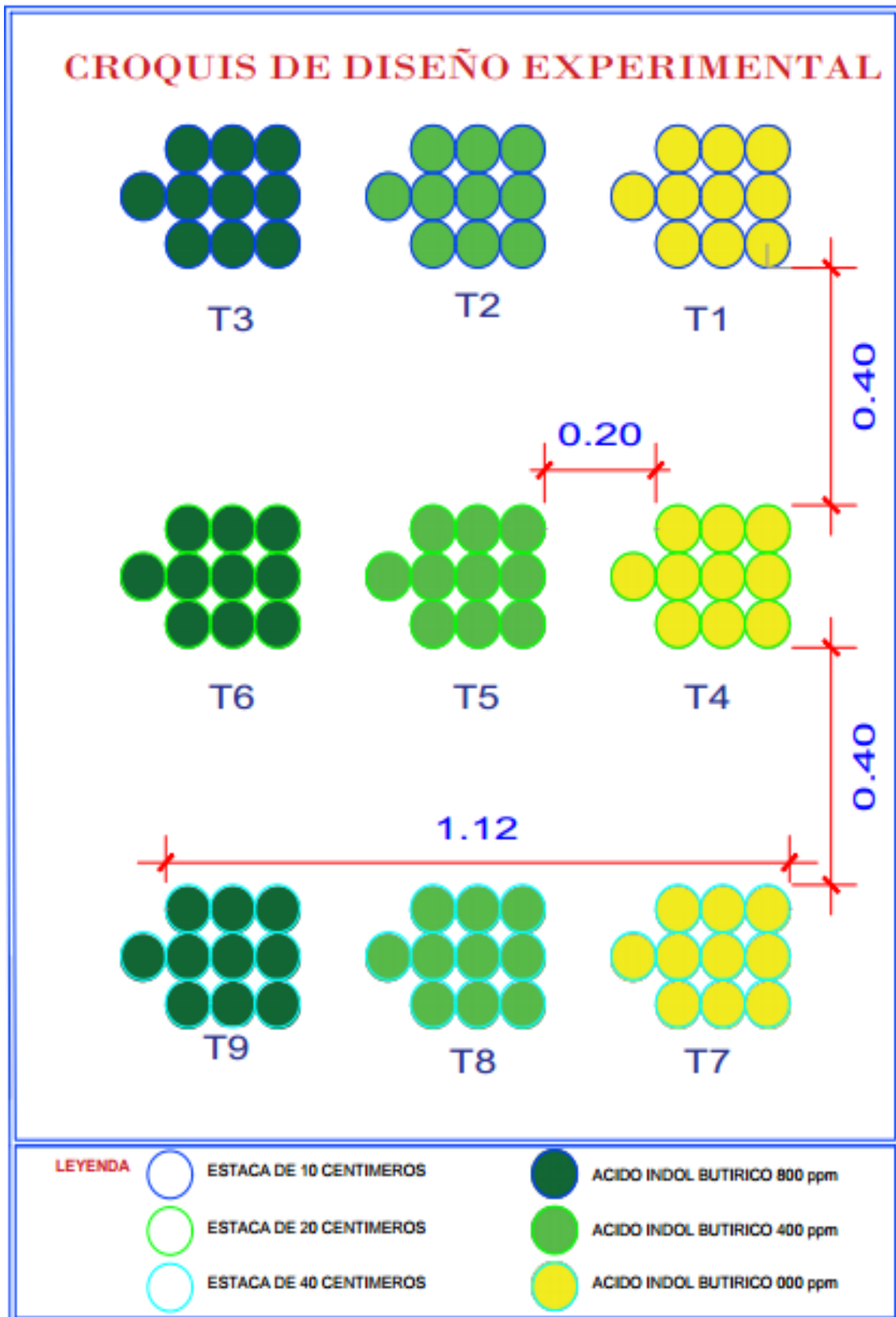


Figura 26. Croquis diseño experimental.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA

PROCEDENCIA : UNA-PUNO.
INTERESADO : ZAIDA MILAGROS MACHACA LLANO
MOTIVO : Análisis Físico-químico
MUESTREO : 06/11/2019 (por el Interesado)
ANALISIS : 07/11/2019

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Limpido transparente
Color : Incoloro
Olor : Inodoro
Sabor : Insipido

CARACTERÍSTICAS FISICO – QUÍMICA:

Muestra 01 pH : 8.09 C.E. 1.30 mS/cm.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

	Muestra 01
Dureza total (como CaCO ₃)	571.90 mg/l
Alcalinidad (como CaCO ₃)	170.46 mg/l
Cloruros (como Cl)	278.90 mg/l
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	110.00 mg/l
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	0.00 mg/l
Calcio (como Ca ⁺⁺)	180.78mg/l
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	97.68 mg/l
Sólidos disueltos totales	0.65 g/l

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO –
PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS

PROCEDENCIA : SALCEDO – PUNO.
INTERESADO : ZAIDA MILAGROS MACHACA LLANO
MOTIVO : Análisis Fertilidad de suelos
MUESTREO : 06/11/2019 (por el interesado)
ANÁLISIS : 07/11/2019
LABORATORIO : Agua y Suelo FCA – UNA

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁼ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01		65.80	16.20	18.00	Franco Arenoso	0.00	3.05	0.10

# ORD	pH	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B. %
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺		
01	7.65	0.40	2.00	6.90	97	NC	NC	NC	NC	0.00	NC	NC

FArA = Franco arcillo arenoso
Ar = Arcilloso
FArA = Franco arcillo arenoso
CIC= Capacidad Intercambio Cationico
N = Nitrógeno total
K⁺ = Potasio cambiante
A= Arena
Ca²⁺= Calcio cambiante
Na⁺= Sodio cambiante
CO₃⁼ = Carbonatos
me = miliequivalente.

FAr = Franco arcilloso
M.O.=Materia orgánica
P = Fósforo disponible
K = Potasio disponible
C.E. = Conductividad eléctrica
SB = Saturación de bases
Mg²⁺ = Magnesio cambiante
mS/cm = milisemens por centímetro
C.E.(e) = Conductividad eléctrica del extracto
Al³⁺ = Aluminio cambiante
NC= no corresponde



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS ESTIERCOL DE OVINO

PROCEDENCIA : SALCERO-PUNO.
INTERESADO : ZAIDA MILAGROS MACHACA LLANO
MOTIVO : ANALISIS N,P,K.
FECHA RECEPCION : 06/11/2019 (por la interesado)
FECHA DE ANALISIS : 07/11/2019

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:

RESULTADOS

ELEMENTOS ANALIZADOS	M-01 Estiercol de Ovino
pH	8.93
C.E. mS/cm.(Relación 1:2.5)	6.65
Fósforo total (% de P ₂ O ₅)	0.75
Nitrógeno total (% de N)	1.73
Potasio total (% de K ₂ O ₅)	0.79
Materia Orgánica (% M.O.)	61.49



Dr. Benito Fernández Calloapaza
 ANALISTA DE LAB. CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS
 PLANTAS, BROMATOLOGÍA DE ALIMENTOS Y FERTILIZANTES



Ing. M.Sc. Daniel Canaza Mamani
 JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS, SUELOS Y PLANTAS

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 27. Insumos y ácido indol 3 butírico, 08 de octubre 2018.

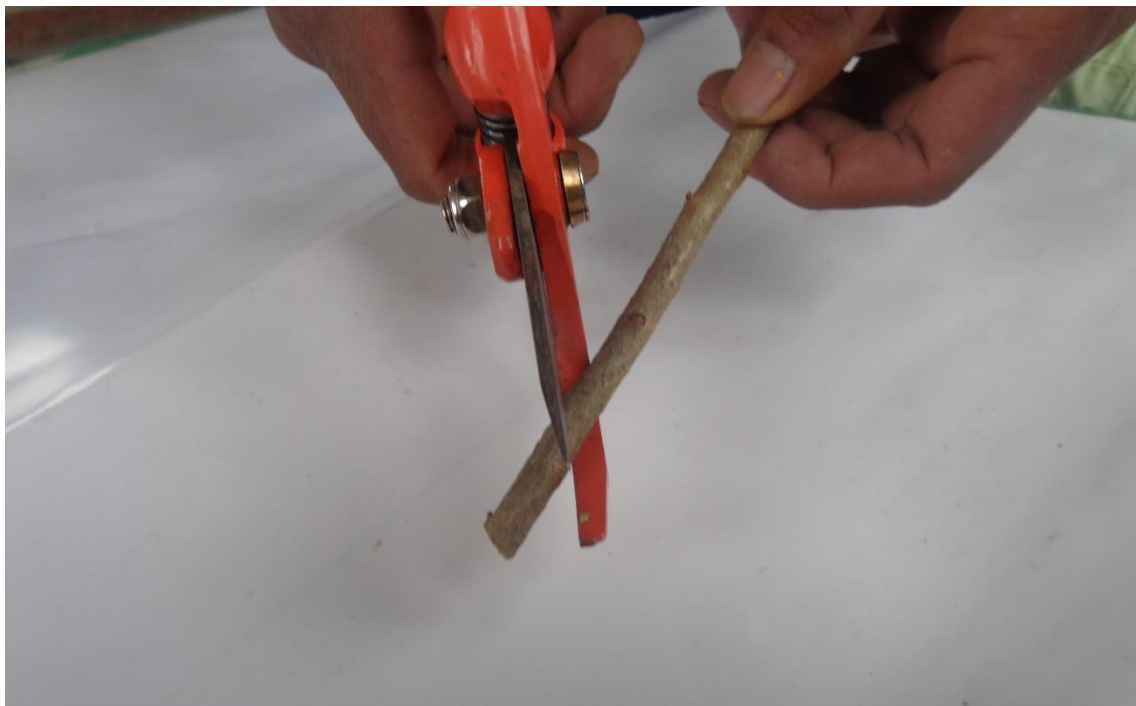


Figura 28. Cortado biselado de estacas de álamo, aproximadamente 2 centímetros, 09 de octubre del 2018.



Figura 29. Estacas de álamo de longitudes de 10,20 y 40 cm, 09 de octubre del 2018.



Figura 30. Pesado en (g) del enraizante AIB vertidos en una probeta de 100 ml de solución, 09 de octubre del 2018.



Figura 31. Inmersión de las estacas por dosis de ácido indol 3 butírico, 09 de octubre del 2019.



Figura 32. Hoyado de las bolsas para ser plantados, 09 de octubre del 2018



Figura 33. Repicado de estacas de álamo (cada unidad experimental), 09 de octubre del 2018.



Figura 34. Etiquetado y letrero de los tratamientos (cada unidad experimental), 12 de octubre del 2018.



Figura 35. Evaluación de incremento de altura de brotes, 02 de diciembre del 2018.



Figura 36. Riego con una regadora a todos tratamientos de estudio.



Figura 37. Evaluación de incremento de altura de brotes, 31 de diciembre del 2018



Figura 38. Crecimiento de las diferentes longitudes y tratamientos del experimento, 09 de enero del 2019.



Figura 39. Verificación de la tesis por el director Ing. M. Sc. Francis Miranda Choque, 08 de enero 2019.



Figura 40. Diferentes longitudes de las raíces con dosis de 800,400 y 000 ppm de ácido indol butírico, 09 de enero del 2019.



Figura 41. Resultados de estaca de álamo con longitud de 10 cm con dosis de ácido indol butírico de 800, 400 y 000 ppm, 09 de enero del 2019.