

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



EFFECTO DE CUATRO FITOHORMONAS NATURALES Y UN
SINTETICO, EN EL PRENDIMIENTO DE ESTACAS DE DOS
ESPECIES DE CANTUTA (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*) EN
INVERNADERO ILAVE - PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

YESSENIA LIZBETH AQUINO APAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRONOMO

PUNO – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA
EFFECTO DE CUATRO FITOHORMONAS NATURALES Y UN
SINTETICO, EN EL PRENDIMIENTO DE ESTACAS DE DOS
ESPECIES DE CANTUTA (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*) EN
INVERNADERO ILAVE - PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

YESSENIA LIZBETH AQUINO APAZA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :
 M.Sc. Héctor Pablo Gonzales Diabuno

PRIMER MIEMBRO :
 Dr. Israel Lima Medina

SEGUNDO MIEMBRO :
 M.Sc. Saturnino Marca Vilca

DIRECTOR / ASESOR :
 M.Sc. Francis Miranda Choque

Área : Ciencias agrícolas

Tema : Manejo Agronómico de Hortalizas, Forestales, Plantas Ornamentales, Aromáticas y Medicinales

FECHA DE SUSTENTACION: 08 DE ENERO DEL 2020

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, Eulogio Aquino Cutisaca y María Apaza Quispe, por ser ejemplo de fortaleza, valentía y por el apoyo incondicional brindado durante toda mi formación profesional.

A mi hermano Gustavo, por ser siempre sincero y por el apoyo brindado durante toda mi formación profesional.

A mis tres tesoros que son la inspiración de todas mis metas a Yaritza, Erick y a mi hijo Jhosep por ser la luz que ilumina mi vida.

TODO LO PUEDO EN CRISTO QUE ME FORTALECE;;

AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por su amor y su bondad que no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda.
- A la Universidad Nacional del Altiplano, por haberme permitido ser parte de la gente que se ha formado y en ella a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica por haberme formado profesionalmente.
- Al M.Sc. Héctor Pablo Gonzales Diabuno, por el apoyo, orientación y compartir sus conocimiento tan valiosos y esenciales para mi formación profesional.
- Al M.Sc. Saturnino Marca Vilca, por la disponibilidad de tiempo para poder lograr la realización de esta tesis.
- A mi asesor de tesis Ing. Francis Miranda Choque, por el apoyo, tiempo y dedicación en todas las etapas de esta investigación.
- A la Ing. Marilú Chanini Quispe, por el apoyo brindado durante la elaboración del proyecto de tesis.
- A mis padres, Eulogio Aquino Cutisaca por el apoyo incondicional durante mi formación profesional y María Apaza Quispe por ser la persona que siempre confía en mí y en lo que puedo lograr.
- A mi compañero de vida Juan Marcos, por el apoyo incondicional en todas las etapas de mi formación profesional.
- A Ulises, por el apoyo brindado en diferentes etapas de la ejecución de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
I. INTRODUCCIÓN	16
1.1. Objetivos	17
II. REVISIÓN DE LITERATURA	18
2.1. Marco Teórico.....	18
2.1.1. Antecedentes	18
2.2. Marco conceptual.....	19
2.2.1. Origen.....	19
2.2.2. Familia Polemoniáceae	19
2.2.3. Hábitat y cultivo.....	19
2.2.4. Especies de Cantuta.....	20
2.2.5. Posición taxonómica de <i>Cantua buxifolia</i> Juss Ex Lam.	21
2.2.6. Posición taxonómica de <i>Cantua tomentosa</i> Cav.	21
2.2.7. Aspecto general.....	21
2.2.8. Descripción botánica.....	22
2.2.9. Distribución geográfica.....	23
2.2.10. Clima y suelo.....	23
2.2.11. Importancia biológica.....	23
2.2.12. Usos de la cantuta.....	23
2.2.13. Productos y subproductos	24
2.2.14. Propagación de plantas.....	24
2.2.15. Fisiología de propagación	26
2.2.16. La propagación asexual.....	27
2.2.17. Fitohormonas.....	29
2.2.18. Reguladores de crecimiento vegetal.....	29
2.2.20. Medios de enraizamiento	37
2.2.21. Labores durante el enraizamiento	39
2.2.22. Factores que influyen en el enraizamiento de las estaquillas	39
2.2.23. Formación y desarrollo de las raíces	41
2.2.24. Enfermedades que se presentan en el enraizamiento	43
III. MATERIALES Y MÉTODOS	44
3.1. Materiales.....	44
3.1.1. Lugar de investigación	44
3.1.2. Ubicación política	44

3.1.3.	Ubicación geográfica	44
3.1.4.	Método de investigación	44
3.1.5.	Temperaturas registradas	44
3.1.6.	Material experimental	45
3.1.7.	Factores en estudio	46
3.1.8.	Tratamientos en estudio	47
3.1.9.	Características del campo experimental	47
3.1.10.	Diseño experimental.....	47
3.1.11.	VARIABLES DE RESPUESTA.....	49
3.2.	Metodología	49
3.2.1.	Invernadero	49
3.2.2.	Preparación del sustrato	50
3.2.3.	Recolección de insumos para la elaboración de fitohormonas naturales	51
3.2.4.	Preparación de fitohormonas.....	52
3.2.5.	Recolección de estacas	53
3.2.6.	Preparación de estacas.....	55
3.2.7.	Desinfección del sustrato	55
3.2.8.	Estaquillado.....	56
3.2.9.	Riego	56
3.2.10.	Aplicación de fitohormonas	56
3.2.11.	Control de malezas	57
3.3.	Evaluaciones realizadas	57
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
4.1.	Días a la brotación.....	60
4.2.	Número de hojas	62
4.3.	Engrosamiento del rebrote	68
4.4.	Altura de rebrote	73
4.5.	Crecimiento primario de la raíz.....	77
4.6.	Volumen radicular.....	81
4.7.	Porcentaje de prendimiento.....	83
4.8.	Correlación entre variables de respuesta.....	85
V.	CONCLUSIONES.....	88
VI.	RECOMENDACIONES.....	89
VII.	REFERENCIAS	90
ANEXOS		99

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Cantua Buxifolia Juss Ex Lam (Naturaleza Interior)</i>	21
Figura 2. <i>Cantua tomentosa Cav. (Naturaleza Interior)</i>	21
Figura 3. <i>Formación de raíces adventicias en un ramo. A: Sección transversal con primordios de la raíz, B: Nódulos radicales. C: Raíces formadas en una estaquilla leñosa. (Urbina, 2005)</i>	42
Figura 4. <i>Promedios mensuales de las temperaturas ambientales (mínimas, media y máxima) de invernadero (°C)</i>	45
Figura 5. <i>Invernadero donde se llevó a cabo la investigación</i>	49
Figura 6. <i>Preparación del sustrato</i>	50
Figura 7. <i>Embolsado del sustrato</i>	50
Figura 8. <i>Medición (altura y diámetro) y pesado de las bolsas de repique con sustrato.</i>	51
Figura 9. <i>Recolección de hojas tiernas de sauce y álamo</i>	51
Figura 10. <i>Preparación de Phyllum MaxR</i>	53
Figura 11. <i>Recolección de estacas de cantuta</i>	54
Figura 12. <i>Conservación de estacas</i>	54
Figura 13. <i>Identificación de estacas de cantuta de color rojo y amarillo</i>	55
Figura 14. <i>Reposo de estacas de cantuta</i>	55
Figura 15. <i>Transplante de estacas.</i>	56
Figura 16. <i>Presencia de malezas maycha (<i>Senecio vulgaria</i>) y pasto k'acho (<i>Poa annua</i>)</i>	57
Figura 17. <i>Fórmula del ácido indolacético (C₁₀H₉NO₂)</i>	62
Figura 18. <i>Fórmula del ácido giberélico (C₁₉H₂₂O₆)</i>	62
Figura 19. <i>Engrosamiento del rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio).</i>	68
Figura 20. <i>Engrosamiento del rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (intermedio).</i>	69
Figura 21. <i>Prendimiento de estacas (%) de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro de fitohormonas naturales y un sintético.</i>	84
Figura 22. <i>Croquis de instalación del proyecto de investigación.</i>	105

Figura 23. <i>Rhizobium leguminosarum</i> en envase de vidrio (Ilave – Puno 01/03/2019)	127
Figura 24. <i>Rhizobium leguminosarum</i> arrancadas de la raíz de haba (Ilave – Puno 01/03/2019)	127
Figura 25. Materiales e insumos para la preparación de las fitohormonas (Ilave – Puno 01/03/2019)	127
Figura 26. Fitohormonas naturales en reposo y Phyllum Max (Invernadero, Ilave – Puno 01/03/2019)	128
Figura 27. Recolección de estacas de cantuta (UNA – Puno 02/03/2019)	128
Figura 28. Estacas de cantuta rajo y cantuta amarilla diferenciadas, listas para hacer el respectivo reposo (Invernadero, Ilave – Puno 02/03/2019)	128
Figura 29. Estacas de cantuta de color roja y amarilla en reposo (Invernadero, Ilave – Puno 02/03/2019)	129
Figura 30. Preparación de la fitohormona sintética Phyllum MaxR (Invernadero, Ilave – Puno 03/03/2019)	129
Figura 31. Reposo de estacas de dos especies de cantuta incluido el Phyllum Max R (Invernadero, Ilave – Puno 03/03/2019)	129
Figura 32. Estaquillado de todos los tratamientos (Invernadero, Ilave – Puno 03/03/2019)	130
Figura 33. Cantuta rojo en brotación (Invernadero, Ilave – Puno 16/04/2019)	130
Figura 34. Estacas de cantuta en pleno crecimiento de rebrote (Invernadero, Ilave – Puno 09/05/2019)	130
Figura 35. Evaluación de altura de rebrote a los 77 días (Invernadero, Ilave – Puno 18/05/2019)	131
Figura 36. Evaluación de engrosamiento de rebrote a los 147 días (Invernadero, Ilave – Puno 27/07/2019)	131
Figura 37. Evaluación de longitud radicular del tratamiento CBER a los 210 días (Ilave – Puno 28/09/2019)	131
Figura 38. Evaluación del volumen radicular los 210 días (Ilave – Puno 28/09/2019)	132

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Recomendaciones generales de uso de Phyllum MaxR.....	36
Tabla 2. Distribución de tratamientos en estudio.....	47
Tabla 3. Fuentes de variación	48
Tabla 4. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para días a la brotación de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.	60
Tabla 5. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio).....	63
Tabla 6. Interacción de factores, especies por fitohormonas en el número de hojas/estaca en estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio)	64
Tabla 7. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la combinación especie por fitohormona para el numero de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético a los (inicio)	64
Tabla 8. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (intermedio).....	66
Tabla 9. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (final)	67
Tabla 10. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el engrosamiento del rebrote de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (final)	70
Tabla 11. Interacción de factores, especies por fitohormonas en el engrosamiento del rebrote (cm), de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.....	71
Tabla 12. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), para la combinación especie por fitohormona para el engrosamiento del rebrote (cm), en estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (final).	71

Tabla 13. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para altura de rebrote (cm), de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio).....	73
Tabla 14. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para altura de rebrote (cm), de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (intermedio)	74
Tabla 15. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para altura de rebrote (cm), de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (final)	75
Tabla 16. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para crecimiento longitudinal de la raíz (cm) de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.....	77
Tabla 17. Interacción de factores, especies por fitohormonas en el crecimiento primario de la raíz de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.....	78
Tabla 18. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), para crecimiento primario de la raíz (cm) para la combinación especie por fitohormona de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.	78
Tabla 19. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), para volumen radicular (cc) de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.	82
Tabla 20. Análisis de varianza de días a la brotación de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.....	99
Tabla 21. Análisis de varianza para número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio)	99
Tabla 22. Análisis de varianza de efectos simples para combinación especie x fitohormona en número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio).....	99
Tabla 23. Análisis de varianza para número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (intermedio)	100
Tabla 24. Análisis de varianza para número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (final)....	100

Tabla 25. Análisis de varianza del engrosamiento del rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio).....	100
Tabla 26. Análisis de varianza para el engrosamiento del rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (intermedio)	100
Tabla 27. Análisis de varianza para el engrosamiento del rebrote de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (final)	101
Tabla 28. Análisis de varianza de efectos simples para la combinación especie x fitohormona, en el engrosamiento del rebrote de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales (final).....	101
Tabla 29. Análisis de varianza para altura de rebrote (cm), de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio).....	101
Tabla 30. Análisis de varianza para altura de rebrote (cm), de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (intermedio).....	102
Tabla 31. Análisis de varianza para altura de rebrote (cm), de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (final)	102
Tabla 32. Análisis de varianza de crecimiento primario de la raíz (cm) de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.	102
Tabla 33. Análisis de varianza de efectos simples para combinación especie x fitohormona para crecimiento primario de la raíz (cm) de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.	103
Tabla 34. Análisis de varianza de volumen radicular (cc) de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético. .	103
Tabla 35. Análisis de varianza de prendimiento de estacas (%), en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.....	103
Tabla 36. Correlación entre las variables de respuesta evaluadas en la investigación	104

Tabla 37. Temperatura (°C) de los meses que duró la investigación (marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre)	106
Tabla 38. Días a la brotación de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.....	108
Tabla 39. Número de hojas de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.....	109
Tabla 40. Número de hojas de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.....	112
Tabla 41. Número de hojas de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.....	115
Tabla 42. Engrosamiento de rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.	118
Tabla 43. Engrosamiento de rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.	119
Tabla 44. Engrosamiento de rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.	120
Tabla 45. Porcentaje de prendimiento (%) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético	121
Tabla 46. Altura de rebrote (cm), de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.....	122
Tabla 47. Altura de rebrote (cm), de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.....	123
Tabla 48. Altura de rebrote (cm), de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.....	124
Tabla 49. Crecimiento longitudinal de la raíz (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.....	125
Tabla 50. Volumen radicular (cc) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.....	125
Tabla 51. Correlación de Pearson	126

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

*	=	Significativo
**	=	Altamente Significativo
AR	=	Altura de rebrote
ANVA	=	Análisis de Varianza
cc	=	Centímetros cúbicos
C.M.	=	Cuadrado Medio
CPR	=	Crecimiento primario de la raíz
C.V.	=	Coefficiente de Variabilidad
DB	=	Días a la brotación
ER	=	Engrosamiento de rebrote
F.V.	=	Fuente de Variabilidad
Ft	=	F-tabular
Fc	=	F-calculada
G.L.	=	Grados de Libertad
Max.	=	Máxima
Med.	=	Media
Min.	=	Mínima
NH	=	Número de hojas
Prom.	=	Promedio
msnm	=	Metros sobre el nivel del mar
N.S.	=	No significativo
S.C.	=	Suma de cuadrados
Sig.	=	Significancia
VR	=	Volumen radicular

RESUMEN

La cantuta es una especie arbustiva perenne, se encuentra distribuida geográficamente en la sierra central y sur del Perú hasta las serranías de Bolivia. Esta especie es considerada como ornamental por su excelencia para adornar plazas, avenidas y paisajes urbanos por sus flores vistosas y elegantes; también es utilizada en la agroforestería y en la conservación del medio ambiente. La investigación se ejecutó en un invernadero construido exclusivamente para este fin en el distrito de Ilave, Provincia de El Collao de la región de Puno, ubicado a 3847 msnm; el objetivo principal fue: Determinar el efecto de la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético en el enraizamiento de dos especies de cantuta (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*); los objetivos específicos fueron: Determinar el número de días a la brotación; Determinar el porcentaje de prendimiento y Determinar el enraizamiento. El experimento fue conducido con el diseño Completamente al Azar con un arreglo factorial de 2 especies de cantuta, 6 fitohormonas (naturales: extracto de sauce, extracto de álamo, infusión de canela, extracto de Rhizobium; sintético: Phyllum MaxR y un testigo) y 3 repeticiones, con 36 unidades experimentales los resultados fueron: El menor número de días a la brotación fue con la aplicación del extracto de Rhizobium con 50.17 días, frente a los testigos con 78.33 días. Al concluir el trabajo de investigación el mayor número de hojas fue con la aplicación del extracto de Rhizobium con 37.89 hojas/estaca, frente a los testigos con 26.61 hojas/estaca. El mayor engrosamiento de rebrote fue con el extracto de Rhizobium con 0.40 cm, frente a los testigos con 0.32 cm. Los mayores porcentajes de prendimiento fueron de 66.67% que corresponden al aplicar el extracto de Rhizobium, *Cantua tomentosa* + extracto de sauce, *Cantua tomentosa* + infusión de canela y *Cantua tomentosa* + Phyllum MaxR. La mayor altura de rebrote fue con la aplicación del extracto de Rhizobium con 18.84 cm, frente a los testigos con 10.69 cm. El mayor crecimiento primario de la raíz fue con la aplicación del extracto de Rhizobium con 23.47 cm, frente a los testigos 15.11 cm. el mayor volumen radicular fue con la aplicación del extracto de Rhizobium con 23.89 cc, frente a los testigos con 9.78 cc de esta manera se comportan las cantutas en el invernadero.

Palabras Clave: Cantuta, enraizamiento, extracto, fitohormona, propagación.

ABSTRACT

The cantuta is a perennial shrub species, it is geographically distributed in the central highlands and southern Peru to the mountain ranges of Bolivia. This species is considered ornamental for its excellence to decorate squares, avenues and urban landscapes for its colorful and elegant flowers; It is also used in agroforestry and environmental conservation. The investigation was carried out in a greenhouse built exclusively for this purpose in the district of Ilave, Province of El Collao in the Puno region, located at 3847 meters above sea level; The main objective was: To determine the effect of the application of four natural and one synthetic phytohormones in the rooting of two species of cantuta (*Cantua buxifolia* and *Cantua tomentosa*); the specific objectives were: Determine the number of days to sprout; Determine the percentage of yield and Determine the rooting. The experiment was conducted with the Completely Random design with a factorial arrangement of 2 species of cantuta, 6 phytohormones (natural: willow extract, poplar extract, cinnamon infusion, Rhizobium extract; synthetic: Phyllum MaxR and a control) and 3 repetitions, with 36 experimental units the results were: The smallest number of days to sprouting was with the application of Rhizobium extract with 50.17 days, compared to the witnesses with 78.33 days. At the conclusion of the research work the largest number of leaves was with the application of Rhizobium extract with 37.89 leaves/stake, compared to the witnesses with 26.61 leaves/stake. The biggest thickening of regrowth was with Rhizobium extract with 0.40 cm, compared to the witnesses with 0.32 cm. The highest yield percentages were 66.67% corresponding to applying Rhizobium extract, *Cantua tomentosa* + willow extract, *Cantua tomentosa* + cinnamon infusion and *Cantua tomentosa* + Phyllum MaxR. The highest regrowth was with the application of Rhizobium extract with 18.84 cm, compared to the controls with 10.69 cm. The primary root growth was with the application of Rhizobium extract with 23.47 cm, compared to the 15.11 cm controls. The greatest root volume was with the application of Rhizobium extract with 23.89 cc, compared to the controls with 9.78 cc, in this way the amounts in the greenhouse behave.

Keywords: Sprouting, singing, rooting, extract, phytohormone, predation, propagation.

I. INTRODUCCIÓN

El género *Cantua*, “cantuta”, consta de diez especies distribuidas en el ecosistema de altura en los Andes de Bolivia, Ecuador y Perú, la mayoría de las especies de *Cantuta* son endémicas estrechas (Monfils y Phather, 2004), es decir, susceptibles a extinguirse o desaparecer (Challco, 2011). La cantuta es una especie arbustiva perenne, se encuentran en gran parte del centro y sur de la región de la sierra peruana, esta planta crece desde 2,200 hasta 3,700 msnm, se adecua a zonas húmedas, es común encontrarlos creciendo al borde de riachuelos. (Linares, 2008); su importancia radica como especie ornamental, pues florece durante todo el año y sus hojas siempre están verdes (Rojas, 2003), gracias a sus flores de colores vivos tiene gran acogida como especie ornamental, estando presente en casas familiares, jardines, parques, plazas y avenidas; asimismo se utilizan en arreglos florales (Brack, 1999); además, este género también es usado en agroforestería, siendo un potencial para el desarrollo de modelos de producción sostenible. (Rodríguez, 2000).

La cantuta se encuentra en la clasificación "Casi amenazado", a pesar de su potencial ornamental, las plantas del género *Cantua* se encuentran dentro de la Clasificación oficial de especies amenazadas de flora silvestre del D.S. N° 043-2006-AG. Esta clasificación corresponde cuando una especie ha sido evaluada según los criterios y no satisface; está próximo a ser clasificada como especie en “Peligro”. Las plantas de cantuta en amenaza son: *Cantua buxifolia*, *Cantua cuzcoensis*, *Cantua peryfolia* Juss y *Cantua tomentosa*. (Morales, 2018). Las especies forestales nativas, debido a que se encuentran adaptadas por excelencia a su ambiente, constituyen parte inapreciable del patrimonio nacional por el valor y diversidad que representan sus productos. (Nogales, 2004).

Por tales consideraciones, es preciso buscar mecanismos de propagación de esta especie; siendo la propagación asexual un medio rápido de propagar la especie sin semilla (Goitia, 2003), a partir de partes vegetativas como tallos, donde se forman las yemas y las raíces adventicias (Ipizia, 2011), y se desarrolla una nueva planta (Escobar et al, 2002). La importancia de la propagación vegetativa radica en que permite mantener las características genéticas de un individuo; con interés particular en la producción en vivero de especies para fines comerciales, aunque también ha sido una técnica importante usada con especies con problemas en su reproducción o en peligro de extinción (Pérez et al, 2019). Para promover el desarrollo de la planta a partir de partes vegetativas; se emplean hormonas vegetales (fitohormonas) que pueden ser definidas como un grupo de

sustancias orgánicas, sintetizadas por las plantas, que tienen la capacidad de afectar a los procesos fisiológicos en concentraciones mucho más bajas que los nutrientes o las vitaminas. El control de la respuesta hormonal se lleva a cabo a través de cambios en la concentración y la sensibilidad de los tejidos a las hormonas. (Azcon – Bieto y Talon, 2008). La administración de la hormona auxina, estimula el desarrollo de raíces secundarias en los tallos, siendo una práctica común en la reproducción asexual de muchas especies, sobre todo de plantas ornamentales (Salisbury y Ross, 2000)

En tal sentido, el presente trabajo de investigación, enfoca en generar una tecnología de propagación asexual para especies de cantuta, con la aplicación de fitohormonas enraizantes de origen natural y sintético, en condiciones de invernadero; por lo que se planteó los siguientes objetivos:

1.1.Objetivos

Objetivo general

- Determinar el efecto de la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético en el prendimiento de estacas de dos especies de cantuta (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*) en invernadero.

Objetivos específicos

- Determinar el número de días a la brotación de estacas de dos especies de cantuta (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*) con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.
- Determinar el enraizamiento de estacas de dos especies de cantuta (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*) con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.
- Determinar el porcentaje de prendimiento de estacas de dos especies de cantuta (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*) con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Antecedentes

Huarhua (2017), evaluó la propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis incana*) con la aplicación de dos enraizadores naturales y tres tipo de sustratos en condiciones de vivero, y así mismo comparar el efecto de los enraizadores y sustratos en el prendimiento, desarrollo y evaluar la combinación enraizadores x sustrato. Con una población de 900 esquejes de queñua, los enraizadores fueron e0 (testigo), e1 (agua de coco) y s2 (extracto de sauce), los sustratos s0 (testigo), s1 (turba + arena + humus), s2 (turba + arena) y s3 (turba + humus) y se utilizó el diseño experimental completamente al azar (DCA), con arreglo factorial (AxB) con tres niveles factor A y factor B con cuatro niveles; con tres repeticiones y 12 tratamientos con 36 unidades experimentales, de los cuales se obtuvo, enraizador e1 con 85,67 %, sustrato s3 con 73,78 % y la interacción e1s1 con 94,67 % en todo el experimento un 69,49 % de prendimiento, concluyendo en base a las evaluaciones realizadas a las variables de estudio el e1s1 tuvo mayores efectos.

Gutiérrez (2013), evaluó el efecto de dos enraizadores naturales en la propagación asexual de esquejes de ligustro verde (*Ligustrum lucidum*), el diseño experimental utilizado fue bloques al azar con arreglo factorial de 3 x 2, teniendo así 6 tratamientos con 4 bloques. Los resultados indican que las variables en cuanto al porcentaje de prendimiento tienen como promedio 87% en esquejes intermedios con la infusión de álamo, y para la longitud de raíz se tiene como promedio 5.3 cm de la raíz principal esto en la aplicación de sauce en esquejes apicales, el caso del número de raíces se tiene como promedio de 7 raíces en esquejes apicales con infusión de álamo, para el caso de número de brotes se tiene como buena alternativa ambos enraizadores y que ambos inducen a la brotación. En el caso de porcentaje de supervivencia al realizar la evaluación, según los resultados obtenidos se tiene un 96% en la aplicación del enraizador de sauce, en esquejes intermedios, seguidos de los esquejes apicales. En cuanto al parámetro de evaluación para la altura de planta se tiene un crecimiento relativo alcanzando así una altura máxima de 16.8 cm en esquejes intermedios con la aplicación de infusión de sauce. Los esquejes intermedios llegaron a tener una mejor repuesta a la propagación asexual utilizando infusión de sauce por que se tiene un mayor porcentaje supervivencia, longitud de raíz y número de brotes. A diferencia de la infusión de álamo que ayuda en el porcentaje prendimiento como en el número de raíces.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Origen

Quintana y Hornes (2018) mencionan que, las especies de cantutas provienen de la parte andina del Perú y de Bolivia. Según cuentan, los incas encontraron en esta planta propiedades que permitieron su preservación del líquido. Durante el Imperio incaico, utilizaban a la cantuta como adornos y parte de la decoración de los cultos o ritos que se le hacían. Asimismo, fue parte de la indumentaria de los guerreros o también conocidos como aukak runa y a los integrantes en el Warachikuy. Desde épocas incaicas hasta el día de hoy, los pobladores de los andes, han adorado los apus, o montañas sagradas que protegen sus territorios, y han mantenido las tradiciones de venerarlos, colocando flores de cantuta en las laderas para inmortalizar su adoración.

En la provincia del Cuzco a principios del siglo XX, era muy común utilizarla en los ritos fúnebres, ya que se pensaba que podría calmar la sed del muerto producto del largo viaje hacia la otra vida. Los moradores del altiplano andino elaboran collares de la flor de cantuta, y los muestran en pórticos y puertas como símbolo de bienvenida y hospitalidad a los visitantes.

2.2.2. Familia Polemoniáceae

Landis *et al.*, (2016) mencionan que, la familia Polemoniáceae tiene 26 géneros, 387 especies, comprenden plantas anuales y perennes nativas de América del Norte y del Sur, con el centro de diversidad en el oeste de América del Norte.

2.2.3. Hábitat y cultivo

Linares (2008) menciona que, se encuentran en gran parte del centro y sur de la región de la sierra peruana, incluso a los territorios de Bolivia. Esta planta crece de 2,200 m. a 3,700 msnm. Se adecua a zonas húmedas, además de pisos arenosos. Es común encontrarlos creciendo al borde de riachuelos

Linares (2008) indica que, se debe realizar el almacigado en sustratos que tengan buen nivel de materia orgánica y arena (1:1), repicar en bolsas de polietileno cuando las plántulas alcanzan entre 3 y 5 cm de altura. La reproducción asexual se realiza empleando estacas o esquejes de 15 a 20 cm de longitud y rebrotes desde la base, prenden en un 80% bajo tinglado de media luz y en sustrato de materia orgánica y arena (1:1).

Monfils y Phather (2004) indican que, al igual que la mayoría de flores tipo campanilla y por sus vivos colores, la cantuta está diseñada para atraer a sus polinizadores, generalmente picaflores e insectos. La cantuta, que florece durante todo el año, es propia de climas templados, pudiendo crecer directamente bajo el sol en lugares abiertos.

2.2.4. Especies de Cantuta

León (2006) indica que, las especies endémicas del género *Cantua* en Perú son:

- *Cantua candelilla* Brand: Arbusto conocido de varias localidades en el centro y sur del país, donde crece en matorrales de valles interandinos. El ejemplar tipo fue recolectado en la cuenca alta del Chili. El género requiere de una revisión taxonómica moderna.
- *Cantua cordata* Juss: Esta especie fue recolectada en el siglo XVIII, aparentemente en el país, desconociéndose la procedencia exacta.
- *Cantua longifolia* Brand: Arbusto conocido de unas pocas poblaciones dispersas. Fue recolectado originalmente en 1914, de la cuenca alta del Mishollo, un afluente del Huallaga, al sur del área que ocupa el Parque Nacional Río Abiseo, pero no se conoce de este Parque. Los ambientes naturales de la cuenca del Mishollo están afectados por la actividad agrícola; sin embargo, no existe una evaluación florística detallada de esa cuenca ni de la situación de conservación de esos ambientes.
- *Cantua ovata* Cav.: Esta especie fue reconocida por Infantes (1962), pero no por Gibson (1967), quien la consideró en la sinonimia de *Cantua buxifolia*. Fue descrita de una planta recolectada en el siglo XVIII, de la cuenca del Chillón. El género necesita revisión taxonómica.
- *Cantua tomentosa* Cav.: Esta especie fue reconocida por Infantes (1962), pero no por Gibson (1967), quien consideró en la sinonimia de *Cantua buxifolia*. El género necesita revisión taxonómica.

Quintana y Hornes (2018) indican que, estas especies presentan varios nombres vernaculares como: cantu, ccantu, cantutay, ccantus, ccelmo, jantu, jinllo en quechua y Khantuta en aymara.

La descripción corresponde al botánico francés Lemaire quien la diagnosticó y publicó en *Flore des Serres* en el año de 1847.

2.2.5. Posición taxonómica de *Cantua buxifolia* Juss Ex Lam.

Según el sistema de Clasificación Filogenético de Adolf Engler, citado por Solano (2017) la cantuta roja (Figura 1) se ubica en la siguiente posición taxonómica:

Reino	: Plantae
Sub reino	: Phanerogamae
Clase	: Dicotyledoneae
Sub clase	: Methachlamydeae
Orden	: Solanales
Familia	: Polemoniaceae
Género	: Cantua
Especie	: <i>Cantua buxifolia</i> Juss Ex Lam



Figura 1. *Cantua Buxifolia*
(Naturaleza Interior)

2.2.6. Posición taxonómica de *Cantua tomentosa* Cav.

Según el sistema de Clasificación Filogenético de Adolf Engler, citado por Solano (2017) la cantuta amarilla (Figura 2) se ubica en la siguiente posición taxonómica:

Reino	: Plantae
Sub reino	: Phanerogamae
Clase	: Dicotyledoneae
Sub clase	: Methachlamydeae
Orden	: Solanales
Familia	: Polemoniaceae
Género	: Cantua
Especie	: <i>Cantua tomentosa</i> Cav.



Figura 2. *Cantua tomentosa* Cav.
(Naturaleza Interior)

2.2.7. Aspecto general

Rojas (2003), indica que la cantuta es un arbusto erguido, con hojas simples opuestas, flores actinomorfas, vistosas, hermafroditas, solitarias, en cimas, cáliz tubular, corola gamopétala, estambres los cinco insertos en el tubo de la corola, ovario supero sobre un disco basal, fruto cápsula loculicida, semillas aladas.

2.2.8. Descripción botánica

Quintana y Hornes (2018) mencionan que, puede crecer hasta 7 metros de alto (en la zona de la sierra tiene en promedio de 3 a 4 m), presenta un tallo con grietas y de color cenizo hacia la base, y presencia de ritidoma que desprende en pequeñas placas alargadas. Es un arbusto muy leñoso, con ramas erectas, espaciadas y muchos nudos, de flores hermosas de forma de campana. Sus colores predominantes son el blanquecino, amarillento, rojizo, rojo intenso o fucsia.

a. Ramas

Quintana y Hornes (2018) indican que, posee terminaciones erectas, leñosas, nudosas, poco ramificadas o cortamente ramificadas, color cenizo a beige, 0.3-0.5 cm de diámetro. Hay ritidoma que desprende en pequeñas placas alargadas. Sus hojas alternas, simples, fasciculadas en los nudos, sésiles o cortamente pecioladas, oblongo o como elices a obovadas, 0.7-4 cm de longitud por 0.4-0.8 cm de ancho. El ápice es redondo a obtuso, con un pequeño acumen apenas perceptible; la base aguda a decurrente. Son glabrescentes, enteras, con, a veces, pelos ralos en el envés y el borde, visibles con lupa de 10x. Inflorescencias en pequeños racimos terminales laxos, o solitarias

b. Flores

Quintana y Hornes (2018) indican que, son hermafroditas, poseen cáliz tubular, verduzco a violeta, de dos centímetros de longitud con cinco sépalos unidos 4/5 de su recorrido, apenas carinados. Corola tubular-campanulada de seis centímetros de longitud, con 5 pétalos soldados, libres en la tercera parte superior que es usualmente pubescente, color blanquecino a amarillento, rojizo o violeta, en casos con bandas de rojo y amarillo. Estambres epipétalos con inicio en la cercanía de la base de la corola; filamentos de 2.5 cm de longitud y anteras de unos 7 mm de longitud, exsertas de la corola; ovario supero con un estigma trilabiado.

c. Fruto

Quintana y Hornes (2018) indican que, cápsula tetraalvar, 2-3 cm de longitud, conteniendo 20-30 semillas aladas, cada una de 8-12 mm longitud. Su floración en noviembre – diciembre, es indicadora de la época de siembra de la papa.

2.2.9. Distribución geográfica

Quintana y Hornes (2018), indican que, se hallan en gran parte del centro y sur de la región de la sierra peruana, incluso a los territorios de Bolivia. Esta planta crece de 2,200 m. a 3,700 msnm. Se adecua a zonas húmedas, además de pisos arenosos. Es común encontrarlos creciendo al borde de riachuelos.

2.2.10. Clima y suelo

Linares (2008) indica que, Soporta climas secos y húmedos de la sierra y valles interandinos. Con precipitaciones que van desde los 50 hasta los 4500 mm, y temperaturas promedio anuales de 5 a 25°C.

La misma autora menciona que, respecto al requerimiento de suelo y agua, la planta de cantuta crece bien en suelos arenosos, franco-arenosos y tolera alta pedregosidad, prefiere sitios húmedos y crece de modo natural a la orilla de ríos y riachuelos. Pese a lo expresado, es una especie plástica y de fácil adaptación a medios variados.

2.2.11. Importancia biológica

Nogales (2004), menciona que, las especies forestales nativas, debido a que se encuentran adaptadas por excelencia a su ambiente, constituyen parte inapreciable del patrimonio nacional por el valor y diversidad que representan sus productos, ya que los bosques conformados por ellos se caracterizan por permitir el desarrollo de una biodiversidad tanto para albergar un mayor número de especies de animales y otros vegetales debido al aporte de humus y materia orgánica al suelo, haciendo más fértil.

La misma autora menciona que, se constituye como regulador del régimen hídrico, de la conservación del suelo ya que mejora su calidad, le brinda porosidad, buena estructura física, lo protege contra la erosión brinda un micro clima a la región, minimiza los procesos de sedimentación, se constituye en una reserva de gran potencial para fomento al desarrollo del ecoturismo, ya que brindan excelentes zonas de belleza paisajística.

2.2.12. Usos de la cantuta

a. Uso medicinal

Salaverry y Cabrera (2014) indican que, en la época incaica se consagraba al sol o Inti y por eso su amplia difusión. La inflorescencia era usada por la medicina popular contra la tos y para los ojos inflamados. El cocimiento de flores y ramas se utiliza contra la diarrea.

b. Uso ornamental

Rodríguez (2000) mencionado por Calle (2012), menciona que, la planta arbustiva de la cantuta es utilizada por los pobladores de la provincia Manco Kapac (cuenca del Lago Titicaca) en agroforestería, acequias, se encuentra como ornamento en parques, jardines y casas y también utilizan en arreglos florales para la ch'alla de autos.

c. Uso en etnoveterinaria

La infusión de ramas y flores es un efectivo antidiarreico.

d. Uso en agroforestería y conservación de suelos

Se usa también para cercos vivos, barreras vivas manejo de rebrotes, estabilización de riveras.

2.2.13. Productos y subproductos

Chalco (2011) indica que, la leña es igualmente óptima, la producción de biomasa puede alcanzar unos 8kg/individuo durante los dos primeros años, según registros efectuados en Tarma (Valle del Mantaro). Las ramas tiernas son aprovechadas en cestería, las ramas delgadas se emplean para tejer canastas de buena calidad y fabricar instrumentos musicales como el chacarero. Su flor es considerada Flor Nacional del Perú. Las hojas y madera se emplean como tinte. Leña, dentro de las prácticas agroforestales muy utilizada como cerco vivo; también como barrera viva y en la protección de riveras, dado que se adapta bien en terrenos muy húmedos e inclusive inundables temporalmente.

2.2.14. Propagación de plantas

Las plantas están formadas por células y su reproducción depende de la multiplicación de las mismas. Existen dos tipos de reproducción. Asexual o vegetativa: ocurre cuando se separa una parte del cuerpo vegetal y se desarrolla una nueva planta. Sexual: considerado el más importante. Durante el proceso de floración las plantas producen dos tipos de células que al juntarse realizan la fecundación del polen que se produce en las flores masculinas y se traslada a las flores femeninas para unirse con los óvulos que son las células reproductoras femeninas, en un proceso llamado fecundación. Cada óvulo fecundado tiene la posibilidad de desarrollar una semilla, la que a su vez puede originar una planta (Escobar *et al.*, 2002).

La propagación de plantas consiste en efectuar su multiplicación por medios, tanto sexuales como asexuales. Para propagar las plantas con éxito es necesario conocer las manipulaciones mecánicas y procedimientos técnicos, cuyo dominio requiere de cierta práctica y experiencia, siendo ejemplo de ellos como hacer injertos o preparar estacas (Osuna *et al.*, 2016).

2.2.14.1. Propagación por semilla (sexual)

Escobar *et al.* (2002) indican que, el método de propagación por vía sexual es empleado para fines de mejoramiento, este método da lugar a individuos de tipos diferentes que pueden ser distintos a la planta madre. La propagación por semilla de árboles y arbustos es una operación de importante de viveros, que se efectúan ya sea para producir plantas que se emplean para forestación, trabajos de agroforestería, implantaciones de cubiertas para la fauna silvestre, plantaciones a lo largo de caminos.

Toogood (2000). Define las semillas son el sistema natural de propagación de las plantas. A diferencia de los esquejes, la reproducción por semillas no garantiza la uniformidad genética de la descendencia, aunque da lugar a poblaciones más vigorosas y más resistentes a las enfermedades.

2.2.14.2. Propagación asexual

Esto es posible, porque cada célula de la planta contiene la información genética necesaria para generar una planta entera. Se puede obtener nuevas plantas a partir de hojas, tallos, raíces o meristemos. Lo que ocurre es que de estas partes vegetativas (tallos o raíces) o por medio de su unión por injerto, estacas o acodos, se forman raíces o yemas adventicias. Raíces adventicias son aquellas que se originan de cualquier otra parte de la planta diferente de las raíces, del embrión y sus ramas (Ipizia, 2011)

Choque (2006), mencionado por Miranda (2016) menciona que, la multiplicación vegetativa es la reproducción empleando partes vegetativas de la planta madre, es posible porque cada célula de la planta contiene la información necesaria para generar la planta entera, la reproducción puede ocurrir mediante la formación de raíces adventicias.

2.2.14.3. Propagación de la cantuta

Chalco (2011) menciona que, la propagación de cantuta se realiza por semilla y por estacas; sin usar auxinas se logra un prendimiento aproximado de 10%.

Según Goitia (2003) indica que, la reproducción asexual se realiza por estacas de raíces o tallos. Asimismo indica, que entre las razones para la reproducción asexual están: inhabilidad de producir semillas, baja viabilidad de las semillas y otros.

2.2.15. Fisiología de propagación

a. Edad de la planta

Al tomar material para estacar se puede tener diversidad de tipos, abarcando (perennes, leñosas) desde ramas terminales muy suculentas de crecimiento de un año, hasta estacas de madera dura de varios años de edad. Las estacas tomadas de plántulas jóvenes enraízan con mayor facilidad que tomadas de plantas más viejas; también las estacas tomadas antes o después de la floración son las que tiene mayor regeneración que plantas tomadas durante ese periodo (Challco, 2011; Hartman y Kester, 1997).

El enraizamiento depende de que las estacas contengan un cierto número de hojas; porque la pérdida de hojas reduce considerablemente las probabilidades de enraizamiento. Los materiales nitrogenados y azucarados son cofactores del enraizamiento (Weaver, 1989).

b. Estado de lignificación

Challco (2011), argumenta que, la edad de la planta y su estado de lignificación puede ser un factor muy importante. Casi siempre las estacas de plantas jóvenes (en su fase de crecimiento juvenil), enraízan con mayor facilidad que aquellas tomadas de plantas más viejas (en fase de crecimiento adulto).

c. Tipos y época de corte de la estaca

Sisaro y Haguwara (2016) refieren que, de acuerdo a la época del año y la especie que se trata, varían los tipos de estacas posibles de realizar y la eficiencia de enraizamiento. Las mismas pueden ser:

- Herbáceas, en especies herbáceas durante todo el año.
- De madera suave o herbácea, a partir de brotes nuevos de primavera en arbustos y especies leñosas.
- De madera semileñosa, en arbustos y especies leñosas durante el verano a partir de tallos del crecimiento de la temporada.
- De madera dura o leñosa, en arbustos y especies leñosas en otoño o invierno a partir de tallos leñosos del crecimiento de la temporada anterior.

A lo largo del año las plantas pasan por diferentes estados. El contenido endógeno de las hormonas, entre ellas las auxinas responsables de la inducción de las raíces adventicias, varía según la época del año. Es mayor en primavera, luego del reposo invernal, cuando hay un activo crecimiento de los brotes. En general es la época cuando enraízan con mayor facilidad las estacas. (Sisaro y Haguwara, 2016)

d. Tamaño de la estaca

Vallejos (2008) afirma que, el tamaño de la estaca (longitud y diámetro) tiene influencia en el proceso de enraizamiento, encontrándose una relación positiva entre longitud y el porcentaje de enraizamiento, debido a la mayor capacidad de almacenaje de productos fotosintéticos

Gárate (2010) menciona que, las estacas de madera dura pueden ser de una longitud muy variable, entre 10 a 75 cm y la misma debe tener cuando menos dos nudos. En cambio el diámetro de las estacas pueden variar desde 0.6 hasta 2.5 cm y a veces hasta 5 cm dependiendo de la especie.

Hartman y Kester, (1997), afirma que, las estacas de madera dura pueden ser de una longitud muy variable, entre 10 a 75 cm y la misma debe tener cuando menos dos nudos. En cambio el diámetro de las estacas pueden variar desde 0.6 hasta 2.5 cm y a veces hasta 5 cm dependiendo de la especie.

2.2.16. La propagación asexual

Hartman y Kester (1997), mencionan que, la propagación asexual reduce clones. Esta propagación implica la división auténtica de las células. En la cual, hay una duplicación integral del sistema cromosómico y del citoplasma asociadas a la célula progenitora, para formar dos células hijas. En consecuencia las plantas propagadas vegetativamente reproducen, por medio de la réplica del DNA, toda la información genética de la planta progenitora.

Los mismos autores sostienen que el proceso de la reproducción asexual tiene importancia especial en horticultura por que la composición genética (genotipo) de la mayoría de los cultivares de los frutales y plantas ornamentales son más valiosos, es generalmente heterocigoto y las características que distinguen, a esos tipos se pierden de inmediato al propagarlos por semilla.

2.2.16.1. Ventaja e importancia

Sepúlveda (2004) mencionan que, dentro de las ventajas de la propagación por estacas se tiene los siguientes:

- Simplicidad del procedimiento.
- Absoluta homogeneidad en todos los árboles obtenidos.
- Obtención de un gran número de árboles a partir de una sola planta madre.
- Cultivos más cortos debido a la rapidez de esta técnica.
- Ausencia de problemas de incompatibilidad entre dos partes vegetativas.
- Perfecta conservación de las características clonales.
- Necesidad de poco espacio.
- Se evita la dependencia hacia el uso de semillas.
- Es posible lograr un control preciso del parentesco.

Puente (2008) agrega que, la ventaja de la propagación por estacas en relación con la propagación por injerto, es la confiabilidad de la replicación genética de la planta madre; con esta técnica podemos obtener nuevas plantas a partir de estacas con las características genéticas idénticas a las plantas madres. Generalmente se debe realizar con la finalidad de instalar “jardines clonales”, es decir, propagar las mejores plantas y sembrarlas en un lugar determinado para promover el cruzamiento entre ellas y así poder tener mejores semillas y por ende mejores plantas.

2.2.16.2. Condiciones que deben considerarse

Choque (2006), mencionado por Miranda (2016) destaca que, el éxito de una propagación por estacas u otros métodos depende de las condiciones inherentes de los mismos (tipo de planta) y las condiciones ambientales durante la formación de las raíces, es decir que la capacidad de propagación vegetativa depende de la especie vegetal utilizado, factores ambientales y labores culturales.

2.2.16.3. Conservación de las estacas

Debe evitarse la desecación de las estacas, si las mismas no se ponen en tierra inmediatamente después de su corte, deben almacenarse convenientemente, colocando en arena gruesa provista de humedad o en cambio en un recipiente con agua, teniendo en cuenta que se mantenga con buena aireación, sin agua estancada ni con el drenaje exagerado (Nogales, 2004).

2.2.17. Fitohormonas

Saavedra (2008) manifiesta que, las hormonas vegetales o fitohormonas son compuestos orgánicos de bajo peso molecular que coordinan el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Bosque (2010) afirma que, “Substancias reguladoras de crecimiento” es más general y abarca a sustancias tanto de origen natural como sintetizada en laboratorio que determinan respuestas a nivel de crecimiento, metabolismo o desarrollo de la planta.

2.2.18. Reguladores de crecimiento vegetal

Melgarejo (2010), manifiesta que, los reguladores de crecimiento vegetal, son compuestos o moléculas orgánicos que se sintetizan en una parte de la planta, y se trasladan a otro sitio donde ejercen su acción fisiológica (procesos de crecimiento y desarrollo de plantas). De acuerdo con su estructura y función fisiológica, las hormonas han sido clasificadas en varios grupos que comprenden a las auxinas, citoquininas (CK), giberelinas (GA).

2.2.18.1. Auxinas

Lira (2007) afirma que, es un término genético, aplicado al grupo de compuestos caracterizados por su capacidad para inducir la extensión de las células de los brotes. Algunas auxinas son naturales y otras se producen sintéticamente; se asemejan al ácido indolacético (IAA) por los efectos fisiológicos que provocan en las células vegetales, de los cuales el más importante es la prolongación. Por lo general, estos compuestos son ácidos de núcleo cíclico insaturado o derivados de esos ácidos. Sus precursores son compuestos que se pueden transformar en auxinas en el interior de las plantas.

Las antiauxinas son compuestos que inhiben la acción de las auxinas, en competencia con ellas quizá para obtener los mismos puntos de enlace en una o varias sustancias receptoras. El efecto inhibitorio de algunas antiauxinas puede superarse completamente, mediante un aumento de la concentración de auxinas. Es necesario subrayar que estos términos no se excluyen mutuamente.

Las auxinas se descubrieron en la segunda década del siglo XX y es curioso que una sustancia tan difundida en el reino vegetal y de importancia vital pudiera pasarse por alto durante tanto tiempo. Una de las posibles razones es que se presentan en cantidades tan pequeñas que se precisan de métodos especiales para demostrar su presencia: además, los primeros fisiólogos de las plantas de una manera más simple y muchos se mostraban

escépticos en cuanto a la existencia de hormonas vegetales. Darwin demostró que los brotes jóvenes de hierbas se doblan siempre en dirección a una fuente unilateral de luz, lo que produjo un proceso por etapas de los experimentos y permitió, finalmente, la demostración de que una hormona, la auxina, afectaba los tropismos de las plantas. Aproximadamente 50 años después de las observaciones de Darwin, Went desarrolló la prueba de avena, un bioensayo cuantitativo que podía utilizarse en otros estudios sobre la distribución y la identificación de las auxinas, Kogl y sus colaboradores, tiempo después, pudieron aislar auxinas e identificarlas químicamente.

2.2.18.2. Citocininas

Lira (2007) describe que, son sustancias del crecimiento de las plantas que provocan la división celular (su sinónimo, fitocinina, no tiene tanta aceptación). Muchas citocininas exógenas y todas las endógenas se derivan probablemente de la adenina, una base nitrogenada de purina. La primera citocinina fue descubierta en la década de 1950, en la universidad de Wisconsin, por el grupo del profesor Folke Skoge, a partir de una muestra de DNA envejecido. En 1962, se descubrió un grupo de polipéptidos que poseen actividad hormonal en tejidos animales y se les denominó cininas (Collier, 1962). Para evitar cualquier confusión con ciertos mecanismos animales, se introdujo el término “citocinina” para aplicarlo específicamente a los vegetales, aunque a veces se aplica también el término “cininas” para designar las citocininas vegetales.

La cinelina pertenece al grupo general de las citocininas. Hay también anticitocininas que inhiben competitivamente la acción de las citocininas, y algunos compuestos precursores que pueden transformarse en citocininas.

Los inhibidores constituyen un grupo aparte entre las sustancias del crecimiento de las plantas, pues retrasan el proceso fisiológico o bioquímico de los vegetales. Según sus propiedades fisiológicas, algunos inhibidores endógenos parecen ser hormonas vegetales. Algunos inhibidores naturales pueden tener diferentes acciones; por ejemplo, pueden inhibir el crecimiento. Las auxinas, las giberelinas o la germinación.

En los últimos años se han descubierto nuevos tipos de compuestos químicos orgánicos: los retardadores del crecimiento de las plantas, que demoran la división y prolongación celular en tejidos de brotes, regulando así la altura de las plantas de manera fisiológica, sin provocar malformaciones en las hojas o los tallos. Estos compuestos también intensifican el color verde de las hojas y afectan indirectamente en la floración, aunque

el crecimiento de las plantas tratadas con retardadores del crecimiento no se suprime por completo. Hasta ahora, la mayoría de estos compuestos se producen sistemáticamente. Existen otros inhibidores exógenos que pueden retrasar el crecimiento de las plantas, pero, de cualquier manera, no encajan totalmente en la claridad de retardadores de crecimiento.

2.2.18.3. Giberelinas

Lira (2007) indica que, desde 1950 se ha producido un rápido desarrollo de otros tipos principales de reguladores de las plantas; las giberelinas, las citocinias y los inhibidores, y se ha reconocido al etileno como una fitohormona. Las giberelinas pueden definirse como un compuesto con un esqueleto de gibane que estimula la división o la prolongación celular, o ambas cosas (Paleg, 1965); puede provocar un aumento sorprendente en la prolongación de los brotes en muchas especies, el que resulta particularmente notable cuando se aplica a ciertos mutantes enanos. Por ejemplo, algunos mutantes enanos de raíz de chícharo crecen muy rápidamente y alcanzan una altura similar a la de las plantas normales y no tratadas. Aparentemente, el hecho de que esos mutantes enanos no produzcan suficientes giberelinas para su crecimiento normal puede corregirse al aplicársela. Es esencial que todas las pruebas se realicen con mutantes cuyo tipo de crecimiento depende de un simple gene y cuya respuesta de crecimiento sea específica para las giberelinas (Phinney y West, 1960). Otra prueba específica para estas sustancias es la estimulación de la síntesis de ciertas enzimas en semillas.

Las antigiberelinas son compuestos que inhiben competitivamente la acción de las giberelinas y los precursores de estas son compuestos de las plantas que pueden transformarse en giberelinas. Las sustancias similares a las giberelinas son las que, aun teniendo configuraciones químicas desconocidas, producen las actividades biológicas requeridas en las pruebas apropiadas con mutantes enanos.

2.2.18.1. Fitohormonas naturales

a. Extracto de Sauce

Condori (2006), explica que el extracto de sauce, tiene algunas auxinas naturales y a través de estas se forman callos y así emiten raíces, las cuales se transportan dentro de las plantas por distintas rutas, y en tallos de crecimiento el transporte de las auxinas es más rápido hacia las raíces que a los ápices del tallo.

Medina (2016), determinó que la concentración de auxinas en el extracto de sauce (*Salix chiliensis*) liofilizado es de 0,0342% siendo bajo respecto a las concentraciones de los enraizadores químicos comerciales como Stim root 3, Rapid root, Radix® 1500 y Root Hor que poseen auxinas como el ácido indol-3-butírico en concentraciones de 0,8; 0,3; 0,15; y 0,1% respectivamente. Algunas fitohormonas se degradan por efecto de las elevadas temperaturas.

Machicado (2007) afirma que, el sauce llorón tiene propiedades inherentes, satisfactorias como enraizador, al obtener extracto a través del machacado de sus hojas, aproximadamente 1 kg (hojas) con ½ l. de agua, con un tratamiento de un día de reposo.

b. Extracto de Álamo

Machicado (2007) manifiesta que, de igual forma que el sauce, el álamo también tiene propiedades inherente, satisfactorias como enraizador.

Gutiérrez (2013) argumenta que, con las investigaciones realizadas para la preparación de los enraizadores naturales, se utilizó una elaboración artesanal que se preparó como infusión donde nuestros ingredientes utilizados fueron hojas de sauce llorón y álamo ambas especies pertenecen a la familia de las Salicaceae nuestras especies mencionadas poseen un principio activo que al ser preparadas de esta manera son extraídas para luego ser absorbidas por los esquejes por medio del floema, para realizar la infusión solo se utilizó las hojas y sobre estas hojas se vertió agua hervida y se remojo durante 24 horas, separando en bañadores grandes, bajo una relación de (1kg hojas con ½ litro de agua, de esta manera se tapó con una tela inmediatamente.

Posterior a esto se escurrió y se separó ambos componentes (líquido y sólido), para luego ser utilizados como enraizadores ambas especies por separado.

c. Extracto de Rhizobium (*Rhizobium leguminosarum*)

Verde *et al.* (2019) sostiene que, los rizobios son un grupo de proteobacterias que forman nódulos simbióticos de fijación de nitrógeno en las legumbres. La nodulación de las leguminosas generalmente se inicia mediante el intercambio de compuestos de señalización, con rizobios adheridos a los pelos radiculares y que crecen hilos de infección de origen vegetal en la corteza de la raíz.

Clasificación taxonómica

Dominio: Bacteria

Filo: Proteobacteria

Clase: Proteobacteria alfa

Orden: Rhizobiales

Familia: Rhizobiaceae

Género: *Rhizobium leguminosarum*

Fuente: Rojas (2003)

Es bien conocido que un considerable número de especies bacterianas asociadas con las rizósfera de las plantas son capaces de ejercer un efecto benéfico en el crecimiento de las plantas, son llamadas rizobacterias promotoras de crecimiento, que incluye el género *Rhizobium*. (Santillana *et al.*, 2005).

El mismo autor menciona que, estas bacterias se caracterizan por su habilidad de facilitar directa o indirectamente el desarrollo de la raíz y del follaje de las plantas. La estimulación indirecta del crecimiento de plantas incluye una variedad de mecanismos por las cuales la bacteria inhibe la acción fúngica sobre el crecimiento y desarrollo de la planta.

El ácido indol acético (IA) es una auxina natural presente en la mayoría de las plantas. En el cual se muestra el estudio realizado para cuantificar el AIA presente en caldos de fermentación obtenidos a partir de la bacteria *Rhizobium sp.* Las muestras de caldos analizados mostraron un valor medio de AIA en el extracto de 29,0 +- 1,3 mg/ml. (www.invenia.es/oai:dialnet.unirioja).

Proceso de modulación

López - Lara (2000), indican que se conoce bien las etapas de la infección y desarrollo de nódulo radicales. Estas incluyen:

- Reconocimiento de la combinación adecuada, tanto por parte de la planta como de la bacteria, y adherencia de la bacteria a los pelos radicales.
- Invasión del pelo radical y formación de un canal (o hilo) de infección.
- Desplazamiento de las bacterias hacia la raíz principal a través del canal de infección.

- Diferenciación de las bacterias en un nuevo tipo al que se le llama bacteroides, dentro de las células de la planta, y desarrollo del estado de fijación de nitrógeno.
- Proceso de continuado de división de las células bacterianas, vegetales y formación del nódulo radical maduro.

d. Infusión de canela con cascara de zanahoria

Ortiz (2014), menciona que la canela. Su aroma es debido al aceite esencial aromático que constituye un 0,5 – 2,5% de su composición. El componente mayoritario es el aldehído cinámico, también el eugenol y el alcohol cinámico. Con menos porción encontramos el ácido trans-cinámico, el aldehído hidroxicinámico, el aldehído o metoxicinámico, acetato cinámico, terpenos (linalol, diterpeno), taninos, mucílago, proantocianidinas oligoméricas y poliméricas, glúcidos y trazas de cumarina. Según RFE, la droga seca debe contener al menos 12 ml/Kg de aceite esencial.

Anderson *et al.*, (2003), llevaron a cabo un estudio para analizar la composición del extracto de canela mediante la cromatografía líquida, este estudio fue de tipo básico tras el aislamiento por resonancia magnética y espectroscopia de masas hallaron polímeros polifenólicos como el polímero Chalcona Metilhidroxi (MHCP por sus siglas en ingles), proantocianinas (PACs), catequinas, epicatequinas.

Roura (2000) afirma que la prohibición de los aditivos antibióticos promotores de crecimiento (AAPC), en la unión europea y países escandinavos ha dado oportunidad a desarrollar alternativas naturales, entre ellas los extractos naturales y aceites esenciales. Dentro de su composición podemos encontrar sobre todo aldehído cinámico, linolol felandreno, eugenol y pineno. En su corteza también cuenta con elementos esenciales tales como minerales, vitaminas C y B, Calcio, Hierro, Magnesio, Sodio, Zinc, Yodo, Potasio, Fosforo entre otros muchos componentes. Se está estudiando como alternativa los fotoquímicos y aceites que tienen actividad antimicrobiana y/o antioxidante.

2.2.18.2. Fitohormona sintética

Pueden tener una presentación en polvo o en líquido, utilizando hormonas del grupo auxinas: Acido indol acético (AIA) y Acido indol3 butírico (AIB), la recomendación del uso de estas hormonas indica que ayuda al enraizamiento, de especies herbáceas y leñosas. (Porco y Terrazas, 2009).

Cabot y Perarnau (2004), indican que las hormonas sintéticas que se han mostrado más eficaces para estimular la producción de raíces adventicias a los esquejes son el ácido indolbutírico y el naftalenacético e incluso en ocasiones, la mezcla de estas sustancias presenta una mayor eficacia que los compuestos aislados.

2.2.19. Phyllum MaxR

a. Formulación

PHYLLUM Max R es un regulador de crecimiento formulado como concentrado soluble (SL). Con alto contenido de auxinas; además contiene, citoquininas, giberelinas, macro y micro nutrientes.

b. Composición

Extracto de algas	24%
Auxinas	1,200 ppm
Citoquininas	16 ppm
Giberelinas	4,5 ppm
Macro y Micro nutrientes	76%

c. Características

- El alto contenido de auxinas favorece el desarrollo abundante del sistema radicular de plantas tratadas así como rizogénesis en plantas ya establecidas, es decir, la formación de raíces permitiendo a la planta una rápida recuperación de etapas de post cosecha y stress, optimizando la asimilación de agua, macro y micro nutrientes.
- Es un regulador de crecimiento natural, a base de algas marinas que evita que la planta gaste energía en metabolizar proteínas y carbohidratos, de esta manera el cultivo supera las etapas de stress que provoca el trasplante, emergencia o brotación.
- Aumenta el desarrollo vegetal
- Recupera diversos tipos de estrés: fiebre de primavera, sequías inundaciones, heladas, trasplantes, aplicaciones de herbicidas.
- Logra frutas y verduras de alta calidad.
- Logra buen desarrollo de la siembra o plantaciones tardías.
- Es soluble en agua. Puede aplicarse vía foliar o por sistema presurizado de riego.

d. Recomendaciones generales de uso

Tabla 1. Recomendaciones generales de uso de Phyllum MaxR

Cultivo	Recomendación	Dosis cc/200L	UAC* (días)	LMR ** (ppm)
Vainita	Aplicar cuando la planta tiene la 1ra. Hoja trifoliada o más tardar en la 3ra. Hoja, aproximadamente 20 a 25 días después de la siembra.	500 - 1000	-	-

UAC*: Última aplicación antes de la cosecha

LMR*: Límite máximo de residuos ppm.

e. Compatibilidad

PHYLLUM Max R es compatible con la mayoría de los insectos, fúngicas y fertilizantes de uso común, salvo los de reacción alcalina y aquellos que contengan aceites, cobre o azufre. Mezclas ácidas pueden requerir un aumento de pH.

No se recomienda usar surfactantes a base de glicol. En caso de dudas se recomienda efectuar previamente pruebas de compatibilidad.

f. Recomendaciones

Líquidos de disolución acida (pH<5) deberían ser ajustados a pH neutro (6,5-8,0) antes de la adición del extracto soluble de algas. Si fuera necesario, agentes de comprobada compatibilidad podrían ser usados para mejorar miscibilidad con otros componentes de la fórmula.

g. Periodo de carencia

PHYLLUM Max R es un producto biológico natural. No tiene determinado un Periodo de carencia, por lo que no tiene restricciones de residuos en los cultivos que se recomienda.

h. Seguridad

- No es inflamable, no es explosivo, no corrosivo.
- Tiene etiqueta con franja de seguridad color verde, por lo que se considera ligeramente toxico – precaución.
- Evitar derrames en el suelo ya que el producto se vuelve muy resbaladizo al mezclarse con agua y puede ser de riesgo.

- Para el manejo y uso debe utilizarse ropa e implementos de protección personal.

i. Resultado con la aplicación de Phyllum Max R

Moreno (2017) evaluó, extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) bajo condiciones de cañete; donde aplico fertilización con la aplicación de extractos de algas (Phyllum Max R), encontró que la altura de planta con la aplicación del extracto de algas (Phyllum Max R) a los 150 días después del trasplante fue de 100.3 cm, frente al testigo 92.3 cm; el porcentaje de cuajado con la aplicación del extracto de algas (Phyllum Max R) con 72.5%, frente al testigo con 60%; el rendimiento con la aplicación del extracto de algas (Phyllum Max R) con 27.92 ton/ha, frente al testigo 27.41 ton/ha; calidad de fruto con la aplicación del extracto de algas (Phyllum Max R) peso promedio fue 60.33 g frente al testigo 58.44 g, longitud fue de 12 cm frente al testigo 11.25, diámetro fue de 3.42 cm frente al testigo 3.45 cm; en el contenido de materia seca con la aplicación del extracto de algas (Phyllum Max R) hojas 16.62 hojas frente al testigo con 14.28 %, tallo 20.98 % frente al testigo 21.24%, frutos 12.35% frente al testigo 10.04%.

2.2.20. Medios de enraizamiento

2.2.20.1. Sustrato

Pina (2008), manifiesta que, los sustratos son el soporte que se utiliza en plantas cultivadas en recipientes. Pueden estar formados por un solo componente o por la mezcla de varios, donde cada una aporta las características propias para, al final, obtener las propiedades físicas, químicas y biológicas deseadas. Los suelos naturales por su baja porosidad no son las más adecuadas para ello, razón por lo cual para el cultivo en recipientes se utilizan los sustratos.

Del mismo modo se refiere. El medio de cultivo contenido en el recipiente y contenedores debe suministrar a las raíces nutrientes, agua y aire en las cantidades y proporciones adecuadas. El limitado volumen de los contenedores en relación al disponible en el cultivo en suelos naturales, hace necesarias unas condiciones de elevado potencial de: oxígeno, agua y nutrientes.

Goitia (2003) señala que, un sustrato es la mezcla de distintos materiales utilizados en un vivero, entre los que encontramos; tierra vegetal, tierra negra, arcilla, lama, guano, compost y tierra del lugar, el sustrato utilizado para el llenado de bolsas debe contener un mayor número de nutrientes y una textura franco limoso o franco arcilloso. En este

sustrato las plántulas crecen y se desarrollan hasta su establecimiento en plantación definitiva.

2.2.20.2. Suelo

Osuna *et al.* (2016) consideran que, el suelo es el medio donde la planta encuentra el agua, las sustancias minerales y el oxígeno necesarios para su crecimiento y desarrollo vegetativo. Al mismo tiempo hace de soporte a la planta. El suelo ideal es aquel que tenga una porosidad y disposición de sus partículas tales que permitan la penetración de las raíces y que retengan el agua y el aire en cantidades suficientes. En muchas ocasiones no se encuentra este suelo ideal, por lo que hay que acudir a suelos artificiales o sustratos.

a) Tierra negra

Márquez (2017) sostiene que, las propiedades más relevantes de la tierra negra son: la retención de humedad, textura franco arcilloso, reserva de bases intercambiables, capacidad de suministro de nitrógeno, azufre y otros elementos nutritivos a las plantas, aireación, estabilidad estructural, etc., depende marcadamente de aportaciones de materia orgánica.

La tierra negra enriquece la textura del suelo descomponiendo los suelos arcillosos y permitiendo que el agua drene y añada propiedades de retención de agua a los suelos arenosos.

Los trozos de materia orgánica crean bolsas de aire en el suelo que incrementan la circulación de aire necesaria para la formación de las raíces. Así se dan las condiciones óptimas para la supervivencia de insectos beneficiosos y gusanos, que también fomentan la aireación y previenen que el suelo se compacte.

b) Arena

Infoagro (2017) considera que, las que proporcionan los mejores resultados son las arenas de río. Su granulometría más adecuada oscila entre 0.5 y 2 mm de diámetro. Su densidad aparente es similar a la grava. Su capacidad de retención del agua es media (20 % del peso y más del 35 % del volumen); su capacidad de aireación disminuye con el tiempo a causa de la compactación; su capacidad de intercambio catiónico es nula. Es relativamente frecuente que su contenido en caliza alcance el 8-10 %. Algunos tipos de arena deben lavarse previamente. Su pH varía entre 4 y 8. Su durabilidad es elevada. Es

bastante frecuente su mezcla con turba, como sustrato de enraizamiento y de cultivo en contenedores.

c) Estiércol

Es el excremento de los animales, cuyos resultados vienen a ser como desechos del proceso de digestión de los alimentos que estos consumen. Es útil para mejorar la fertilidad del suelo y la productividad. (Mamani, 2011).

El mismo autor menciona que, las principales ventajas que se logran con la incorporación del estiércol son: el aporte de nutrientes, incremento en la capacidad de retención de humedad y mejora de la actividad biológica con los cuales se incrementa la productividad del suelo.

2.2.21. Labores durante el enraizamiento

Choque (2006), mencionado por Miranda (2016) argumenta que, las labores principales para la conservación son la eliminación de malezas en forma manual o mecánica, para asegurar el crecimiento de las plantas jóvenes; mantener la humedad del suelo mediante un riego permanente para asegurar el enraizamiento de las estacas y realizar el control de los insectos y enfermedades que disminuyan la calidad de la planta.

2.2.22. Factores que influyen en el enraizamiento de las estaquillas

La capacidad de enraizamiento varía mucho de unas especies a otras y entre variedades. Asimismo, dependiendo de las características del material vegetal y de las condiciones del medio de enraizamiento los resultados serán muy diferentes. En algunos casos habrá que emplear técnicas muy específicas para lograr el enraizamiento. A continuación se describe la influencia de los principales factores, agrupados según su naturaleza. (Urbina, 2005)

a. Material vegetal

Las características genéticas, la constitución morfológica y el estado de desarrollo del material influyen en el enraizamiento. Además, el estado físico, nutritivo y sanitario de la estaquilla repercute sobre el resultado final.

b. Época de realización

La época de realización del estaquillado está condicionada por el tipo de estaquilla empleada, según la planta se encuentre en actividad o en reposo. Prácticamente se podría estaquillar durante todo el año si se puede obtener material y las condiciones del medio lo permiten; pero cada especie y tipo de estaquilla tienen unos períodos óptimos restringidos.

Las estaquillas leñosas de especies de hoja caduca se preparan a la entrada en reposo o bien algo antes de la salida del reposo; si se toman durante el invierno deben conservarse en condiciones adecuadas. En las especies de hoja perenne los periodos serán similares si las estaquillas se preparan sin hojas.

Las estaquillas semileñosas de especies de hoja caduca se preparan desde principios de verano, una vez finalizado el crecimiento activo de la planta, hasta mediados de otoño, unas semanas antes de producirse la entrada en reposo. En las especies de hoja perenne se toman durante el periodo de actividad, después de los crecimientos activos cuando la madera está ya endurecida. Por ejemplo, en olivo se tiene más éxito tomando las estaquillas al comienzo del otoño y al final de primavera.

c. Preparación y tratamiento hormonal de la estaquilla

La forma de preparar la estaquilla tiene repercusión en el enraizamiento al influir sobre su supervivencia y facilitar la emisión de raíces. Evidentemente, la preparación será diferente según la disponibilidad de material vegetal, el tipo de estaquilla y las condiciones de enraizamiento. La aplicación de hormonas tiene una gran influencia sobre el enraizamiento, según se ha puesto de manifiesto en numerosas experiencias con las diferentes especies.

d. Condiciones ambientales

Las condiciones en que se lleva a cabo el estaquillado, tanto del medio aéreo como del suelo o sustrato, son también determinantes de su éxito.

- **Humedad**

Las estaquillas corren el riesgo de deshidratarse durante el proceso de enraizamiento, sobre todo en estaquillado semileñoso y herbáceo, los cuales no serán posibles sin un control de la humedad ambiental.

- **Temperatura**

La actividad en los tejidos de las estaquillas para la formación de primordios radicales y callo de cicatrización requiere, en general, temperaturas superiores a los 10 °C, se da de forma óptima a temperaturas alrededor de los 25 °C, y no deben superarse los 35 °C. La diferencia de temperatura entre el sustrato y el aire favorece la emisión de raíces. Debe tenerse en cuenta que las temperaturas más altas que favorecen los procesos de enraizamiento de las estaquillas, por otro lado aceleran su deshidratación, por lo que el equilibrio más favorable entre ambos fenómenos se encuentra al mantener la temperatura del sustrato más elevada que la del ambiente.

2.2.23. Formación y desarrollo de las raíces

Urbina (2005) indica que, la formación de raíces adventicias es el principio fundamental del estaquillado y de los otros métodos de propagación vegetativa que persiguen obtener nuevas plantas. Son raíces adventicias aquellas que no tienen su origen a partir del meristemo apical de la raíz, ni como raíces laterales originadas a partir del periciclo en la estructura primaria de la raíz.

La formación de raíces adventicias tiene lugar a partir de meristemos secundarios o de tejidos que adquieren la capacidad de división y de diferenciación. Pueden desarrollarse sobre un tallo, sobre una raíz con estructura secundaria o sobre otros órganos de la planta. Su origen está siempre próximo a los tejidos vasculares del órgano que las produce, de esta forma se facilita la conexión del floema y del xilema con el primordio de la nueva raíz. Si el órgano que origina la raíz adventicia es joven, el origen suele estar en la periferia del sistema vascular; si es más viejo, el origen es más profundo y se localiza cerca del cambium (Urbina, 2005).

El proceso consiste en la formación de iniciadores radicales, más frecuentemente, a partir de algunas células de los radios parenquimáticos y de células de parénquima del xilema joven; y con menos frecuencia a partir de células del floema secundario y del cambium. Los iniciadores radicales formados se transforman en primordios de raíces y se establece la conexión con el floema y xilema del órgano que los origina (Urbina, 2005).

La formación de iniciadores radicales es activada por el corte de la estaquilla o por lesiones provocadas en la misma. Las primeras raíces desarrolladas, en un número

moderado, inhiben el crecimiento de las restantes, regulando así el número de raíces de la nueva planta (Urbina, 2005).

Los iniciadores radicales se producen al colocar las estaquillas o el órgano a enraizar en un medio de enraizamiento (sustrato, suelo, etc.) en condiciones adecuadas. Si estas condiciones son favorables los primordios crecen, atraviesan la corteza y salen al exterior, según se representa, esquemáticamente, en la Figura 1-A. La penetración en la corteza es puramente mecánica ya que no se forman conexiones laterales con los tejidos que van penetrando. En su avance arrastran a los tejidos y terminan penetrándolos, aflorando al exterior la caliptra que se pone en contacto con el medio de enraizamiento (Urbina, 2005).

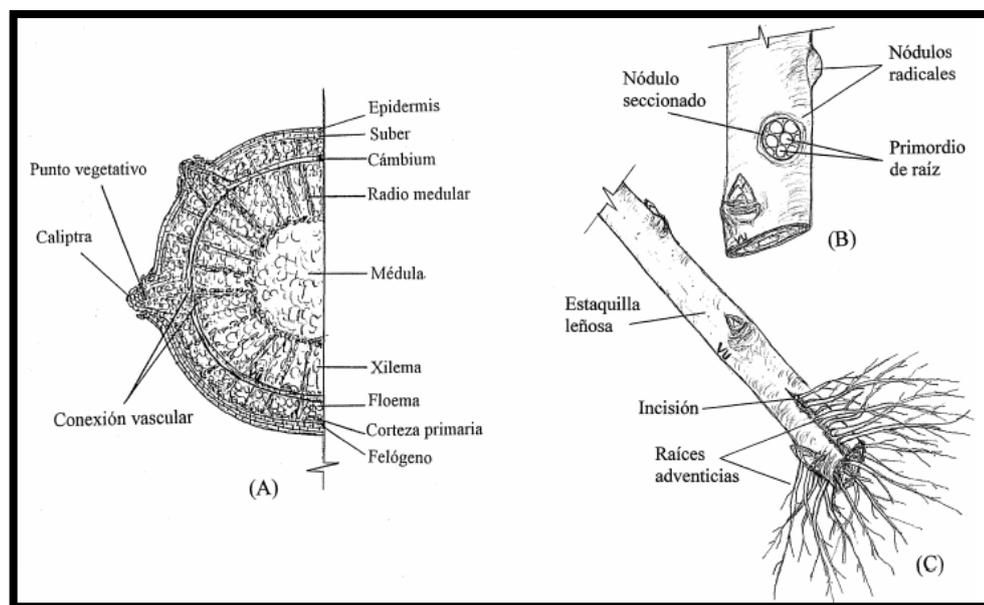


Figura 3. Formación de raíces adventicias en un ramo. A: Sección transversal con primordios de la raíz, B: Nódulos radicales. C: Raíces formadas en una estaquilla leñosa. (Urbina, 2005)

En algunas especies se forman espontáneamente en el ramo primordios que permanecen latentes, encontrándose agrupados en un nódulo que origina un abultamiento de la corteza (Figura 1-B) (Urbina, 2005).

Los nódulos permanecen latentes en el ramo o en la futura rama, hasta que se hacen estaquillas o bien estacas de la rama, y se colocan en condiciones favorables. En algunos casos los nódulos formados en los troncos de los patrones tienen una abundante proliferación y los primordios radicales terminan rompiendo la corteza y asomando al exterior, interrumpiendo gravemente la circulación por el floema y originando otros trastornos a la planta. Estos nódulos radicales característicos se denominan en muchos

textos con su nombre inglés: "burr-knots". Sobre ellos se aprecian fácilmente numerosas raíces completamente formadas, que si se encuentran próximas al suelo se introducen en él y siguen creciendo, originando también serpeos en la zona próxima al cuello de la planta, como ocurre en algunos patrones de manzano (Urbina, 2005).

En las estaquillas puestas a enraizar se forma en el corte de su base el callo de cicatrización que tiende a cerrar la herida e impedir la entrada de patógenos. El callo se forma a partir de las células del cambium vascular, aunque también pueden contribuir en su formación las células de la corteza y del xilema (Urbina, 2005).

Las raíces adventicias aparecen también a lo largo de la parte enterrada de la estaquilla, más frecuentemente debajo de las yemas, y suelen formar hileras longitudinales de manera espontánea, según se representa en la Figura 1-C (Urbina, 2005).

La capacidad para emitir raíces adventicias varía según la especie y la variedad. Las especies que poseen iniciadores radicales preformados en los ramos enraízan con mayor facilidad y rapidez (Urbina, 2005).

2.2.24. Enfermedades que se presentan en el enraizamiento

Agrios (2005) menciona que, los productores de invernadero necesitan esquejes libres de los hongos que causan marchitamientos vasculares como *Fusarium* y *Verticillium*, pero es casi imposible eliminar a estos dos hongos de los lotes para producción.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Lugar de investigación

El trabajo de investigación se ejecutó dentro de un invernadero construido exclusivamente con este fin, ubicado en la provincia de El Collao, distrito de Ilave, cuyas características geográficas son las siguientes:

3.1.2. Ubicación política

Región	:	Puno
Provincia	:	El Collao
Distrito	:	Ilave

3.1.3. Ubicación geográfica

Latitud Sur (S)	:	16° 06' 10"
Longitud Oeste (W)	:	69° 36' 22"
Altura	:	3847 msnm
Zona agroecológica	:	Templado – frío
Región natural	:	Sierra

3.1.4. Método de investigación

El método de investigación fue experimental, ya que se observó y evaluó las variables dependientes (número de hojas, altura de rebrote, número de días a la brotación, engrosamiento de rebrote, porcentaje de prendimiento, crecimiento primario de la raíz y volumen radicular) y en las variables independientes (extracto de sauce, extracto de álamo, infusión de canela, extracto de Rhizobium, Phyllum MaxR y testigo).

3.1.5. Temperaturas registradas

Mediante la utilización del termómetro, se registró la temperatura mínima, máxima y de ambas se pudo calcular la temperatura media por día (Tabla 37, anexo) durante los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre (2019). En la figura 4, se muestra los promedios mensuales de temperatura mínima y máxima, registrándose que la temperatura máxima oscila desde, 27.83°C hasta 28.90°C, en cambio la temperatura media fue de 18.20 hasta 19.11°C; y la temperatura mínima fue de 8.03°C y 9.77°C; es

decir, el enraizamiento de estacas de cantuta se llevó a cabo en un rango de temperatura de 8.03°C y 28.90°C, en condiciones de invernadero.

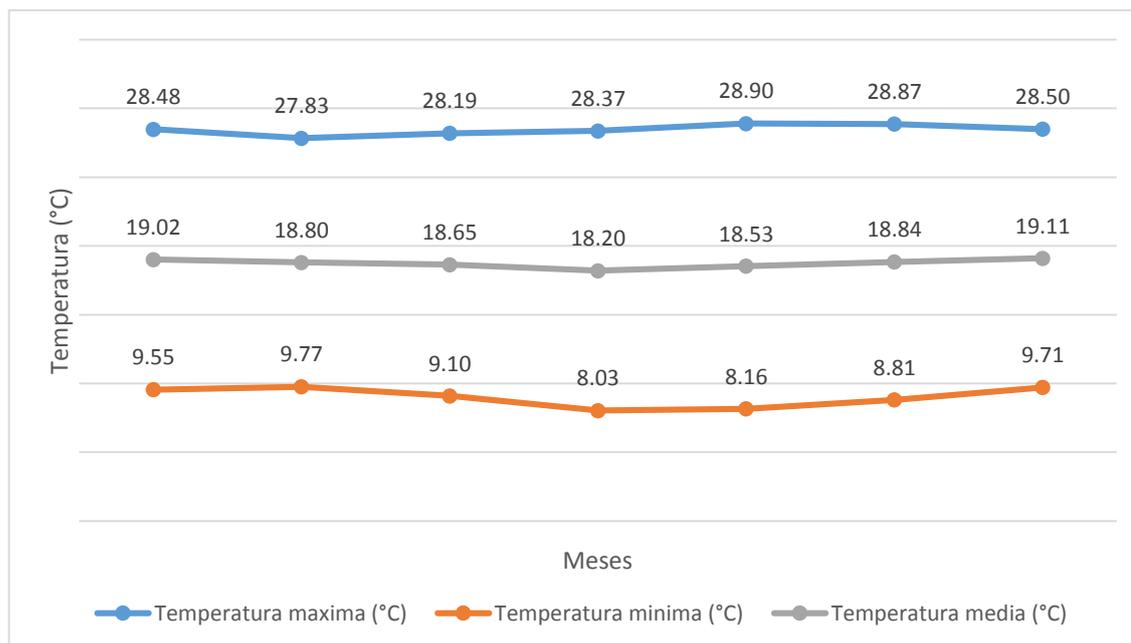


Figura 4. Promedios mensuales de las temperaturas ambientales (mínimas, media y máxima) de invernadero (°C).

3.1.6. Material experimental

a. Material vegetal

Se utilizó estacas de cantuta de color rojo y amarillo (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*). Se recolectó 360 estacas, de las cuales 180 estacas fueron de cantuta de color rojo (*Cantua buxifolia*), y otras 180 estacas de color amarillo (*Cantua tomentosa*).

b. Sauce

El sauce llorón (*Salix babylónica*), es un árbol que pertenece a la familia de las salicáceas, es la especie más conocida de los sauces, distribuidas en Asia, Europa y América. Se ha utilizado como planta ornamental y medicinal y se considera un árbol importante para el estudio de sus propiedades fotoquímicas (González *et al.* 2019). Se recolectaron de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano, seleccionando las hojas tiernas en su mayoría hojas apicales.

c. Álamo

El álamo (*Pópulos deltoides*) es una especie originaria de Estados Unidos y Canadá. Es un árbol de gran porte. Según Lima *et al.* (2010), mencionan los principales sitios de síntesis de auxinas son los tejidos meristemáticos de órganos aéreos, tales como yemas

en brote, hojas jóvenes, extremos de raíz y flores o inflorescencias en crecimiento. Bajo este criterio se recolectaron las hojas tiernas en su mayoría hojas apicales.

d. Nódulos de Rhizobium

Los nódulos de Rhizobium de haba (*Rhizobium leguminosarum*), Santilla *et al*, (2005), indica que hay un considerable número de bacterias que son benéficos para el crecimiento de las plantas. Se recolectaron del centro poblado de Potojani chico, distrito de Platería.

e. Canela molida y zanahoria

La canela es un buen remedio sustituto de las hormonas de enraizamiento (Ortiz, 2014). Este insumo se compró de una especería de la ciudad de Puno, las zanahorias se compraron medio kilo estas fueron elegidas con pequeñas raicillas.

f. Phyllum Max R

Phyllum Max R, es un regulador de crecimiento de alto contenido de auxinas; además de giberelinas, citoquininas, macro y micro nutrientes. Su alta concentración de auxinas favorece el desarrollo abundante del sistema radicular. Se adquirió de la tienda Hortus de la ciudad de Juliaca, por la recomendación de esta misma tienda.

3.1.7. Factores en estudio

a) Factor especies

CB = *Cantua buxifolia*

CT = *Cantua tomentosa*

b) Factor fitohormonas

ES = Extracto de sauce

EA = Extracto de álamo

ICanZ = Infusión de canela con cascara de zanahoria

ER = Rhizobium

PM = Phyllum MaxR

T = Testigo

3.1.8. Tratamientos en estudio

Tabla 2. Distribución de tratamientos en estudio

N°	Descripción de tratamientos con fitohormonas	Tratamiento
1	<i>Cantua buxifolia</i> + extracto de sauce	CBES
2	<i>Cantua buxifolia</i> + extracto de álamo	CBEA
3	<i>Cantua buxifolia</i> + infusión de canela	CBICanZ
4	<i>Cantua buxifolia</i> + extracto de Rhizobium	CBER
5	<i>Cantua buxifolia</i> + Phyllum MaxR	CBPM
6	<i>Cantua buxifolia</i> + testigo	CBT
7	<i>Cantua tomentosa</i> + extracto de sauce	CTES
8	<i>Cantua tomentosa</i> + extracto de álamo	CTEA
9	<i>Cantua tomentosa</i> + infusión de canela	CTICanZ
10	<i>Cantua tomentosa</i> + extracto de Rhizobium	CTER
11	<i>Cantua tomentosa</i> + Phyllum MaxR	CTPM
12	<i>Cantua tomentosa</i> + testigo	CTT

3.1.9. Características del campo experimental

a) Parcela

Largo	:	4 m
Ancho	:	3 m
Área	:	12 m ²

b) Estaquillado

Número de estacas/unidad experimental	:	10
Número de estacas/repetición	:	120
Número total de estacas	:	360

3.1.10. Diseño experimental

El experimento fue conducido bajo el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial de 2x6 (2 especies, 6 fitohormonas) con 12 tratamientos, 36 unidades experimentales, con 3 repeticiones.

a. Análisis de varianza

Los datos de las variables de respuesta se sometieron al análisis de varianza, cuyas fuentes de variación se muestra en la tabla 3:

Tabla 3. Fuentes de variación

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
Especie	1	-	-	-	-
Fitohormona	5	-	-	-	-
Especie x Fitohormona	5	-	-	-	-
Error experimental	24	-	-	-	-
Total	35	-	-	-	-

b. Modelo aditivo lineal

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

Donde:

Y_{ijk} = Es el valor de la variable de respuesta (porcentaje de prendimiento, días a la brotación, engrosamiento del rebrote, altura de rebrote, número de hojas, crecimiento longitudinal de la raíz y volumen radicular).

μ = Es el efecto de la media general de variable de respuesta.

α_i = Es el efecto sobre el enraizamiento de estacas de dos especies de cantuta (porcentaje de prendimiento, días a la brotación, engrosamiento del rebrote, altura de rebrote, numero de hojas, crecimiento longitudinal de la raíz y volumen radicular).

β_j = Es el efecto de las fitohormonas (extracto de sauce, extracto de álamo, infusión de canela, extracto de Rhizobium y Phyllum MaxR).

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Es el efecto de la combinación especie * fitohormona.

ϵ_{ijk} = Es el error experimental

c. Transformación de datos

Los resultados obtenidos sobre el prendimiento de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético se evaluaron en porcentaje

(%). Sin embargo, para realizar el análisis de varianza de esta variable se realizó la transformación a datos angulares, para esto se utilizó la siguiente fórmula:

$$Y = \arccoseno\sqrt{\text{porcentaje}}$$

3.1.11. Variables de respuesta

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Días a la brotación
- Número de hojas
- Engrosamiento del rebrote
- Altura de rebrote
- Crecimiento primario de la raíz
- Volumen radicular
- Porcentaje de prendimiento

3.2. Metodología

3.2.1. Invernadero

La investigación fue conducido bajo condiciones de invernadero (Figura 5), para tal fin, se construyó un invernadero un el distrito de Ilave, Provincia de El Collao, con 4 m de largo y 3 m de ancho, con un área de 12 m², con altura de 1.80 m y 2.10 m, con un volumen de 23.4 m³.

El invernadero fue construido en su totalidad con material de polietileno (PE), este es uno de los plásticos más comunes debido a su bajo precio. La orientación del invernadero fue de este a oeste por el tiempo de horas sol.



Figura 5. Invernadero donde se llevó a cabo la investigación

3.2.2. Preparación del sustrato

El sustrato se preparó 20 días antes de la recolección de estacas. Los tres componentes del sustrato: estiércol de ovino, tierra agrícola (proporcionados por un agricultor del distrito de Pilcuyo) y arena fueron trasladados hasta el invernadero donde se realizó un breve zarandeo para eliminar piedras y partículas grandes de estiércol.

Luego se preparó un solo sustrato utilizando porciones iguales de estiércol de ovino, tierra y arena (Figura 6); se utilizó un balde de 9460 cm^3 como referencia para medir la cantidad de estos elementos, la cantidad que se utilizó fue 4 baldes de cada elemento, haciendo un total de 12 baldes.



Figura 6. Preparación del sustrato

Una vez realizada la mezcla se procedió al embolsado (Figura 7), para ello se llenó las bolsas de polietileno con el sustrato preparado.



.Figura 7. Embolsado del sustrato

Las bolsas de repique fueron de 10 cm de ancho por 18.5 cm de altura, las bolsas llenadas con sustrato tuvieron un diámetro de 6 cm, una altura de 13 cm y un peso de 500 g (Figura 8), haciendo un volumen de 367.38 cm^3 .



Figura 8. Medición (altura y diámetro) y pesado de las bolsas de repique con sustrato.

3.2.3. Recolección de insumos para la elaboración de fitohormonas naturales

Se recolectaron el 1 de marzo (un día antes de la recolección de estacas de cantuta). El Sauce (*Salix babylonica*) se recolectó de la ciudad universitaria de la UNA Puno, se eligieron hojas tiernas y en su mayoría las apicales. El Álamo (*Populus destoides*) se recolectó de las áreas verdes de la ciudad de Puno (Figura 9), estas fueron elegidas las más tiernas. El Rhizobium de haba (*Rhizobium leguminosarum*) se recolectó de parcelas ubicadas en el centro poblado de Potojani, estas fueron trasladadas con raíces en bolsas de polietileno. Se realizó la compra de la canela molida de la especería de la ciudad de Puno, también se compró medio kilo de zanahoria estas fueron elegidas las que poseían pequeñas raicillas.



Figura 9. Recolección de hojas tiernas de sauce y álamo

3.2.4. Preparación de fitohormonas

3.2.4.1. Preparación de las fitohormonas naturales

a) Preparación del extracto de sauce

Machicado (2007), indica que, al obtener extracto a través del machacado de sus hojas, aproximadamente 1 kg (hojas) con $\frac{1}{2}$ litro de agua, con un tratamiento de un día de reposo. Para esta investigación se optó por utilizar 500 g de hojas frescas de sauce en dos litros de agua, se realizó una ligera molienda en un batan para que las sustancias se liberen más rápidamente y se extraiga las fitohormonas en la solución con agua luego se dejó reposando durante 24 horas dentro del invernadero (Figura 26, anexo).

b) Preparación del extracto de álamo

Gutiérrez (2013) indica que, para realizar la infusión solo se utilizó las hojas y sobre estas hojas se vertió agua hervida y se remojo durante 24 horas, separando en bañadores grandes, bajo una relación de 1kg hojas con $\frac{1}{2}$ litro de agua, de esta manera se tapó con una tela inmediatamente. Para esta investigación se optó por utilizar 500 g de hojas frescas de álamo en dos litros de agua, se realizó una ligera molienda en un batan para que las sustancias se liberen más rápidamente y se extraiga las fitohormonas en la solución con agua, se dejó reposando durante 24 horas dentro del invernadero (Figura 26, anexo).

c) Preparación del extracto de Rhizobium

Los nódulos fueron trasladados en bolsas de polietileno hasta las instalaciones del invernadero, para luego separar de los nódulos de la raíz con la mano, posteriormente se almacenó en un recipiente para evitar la volatilización (Figura 25, anexo), seguidamente fueron molidos en una relación de 1:8 una taza de nódulos en 8 tazas de agua, en este caso se usó $\frac{1}{4}$ de taza de nódulos en 2 litros de agua (Calle, 2012), luego se dejó reposando durante 24 horas dentro del invernadero (Figura 26, anexo).

d) Preparación de la infusión de canela con cáscara de zanahoria

Este enraizante es uno de los más sencillos y rápidos de hacer, en un litro de agua se añaden 3 cucharadas de canela y se deja reposar toda la noche, también se añade pieles de zanahoria que tengan alguna raicilla; por último al día siguiente se filtra y está preparado (Agroforum, 2018). Para esta investigación se optó por utilizar un litro de agua a la cual se le añadió tres cucharadas de canela molida en polvo (0.9 g), también se le

añadió tejidos de epidermis de zanahorias que tenían raicillas, luego se dejó reposando durante 24 horas dentro del invernadero (Figura 26, anexo).

3.2.4.2. Preparación de la fitohormona sintética

a. Preparación de Phyllum MaxR

Esta fitohormona sintética se preparó al momento del estaquillado (Figura 10), ya que la impregnación de esta fitohormona sintética fue solo de 10 minutos. La dosis utilizada fue según las indicaciones del producto 750ml/200L de agua.

$$X = \frac{750ml \times 1L}{200L} \quad X = 3.75ml$$



Figura 10. Preparación de Phyllum MaxR

3.2.5. Recolección de estacas

Las estacas se obtuvieron en las primeras horas de la mañana para evitar la deshidratación, estas fueron recolectadas de áreas verdes de la ciudad de Puno y de la ciudad universitaria (Figura 11), colocándolas en bolsas de polietileno de color negro y protegiendo de los rayos solares.

En cuanto a los datos obtenidos de las plantas madre se pudo averiguar la edad de estas, donde se supo que las plantas madres de cantuta roja (*Cantua buxifolia*) ubicados en el Jr. Los Cipreces de la ciudad de Puno tienen 6 años de trasplante definitivo, en cuanto a las plantas madre de cantuta de color amarillo (*Cantua tomentosa*) ubicados en áreas verdes de la Universidad Nacional del Altiplano Puno tienen un aproximado de 8 años. Según, Hartman y Kester (1997) recomiendan que, las estacas tomadas de plántulas jóvenes enraízan con mayor facilidad que tomadas de plantas más viejas; también las estacas tomadas antes o después de la floración son las que tienen mayor regeneración que

plantas tomadas durante ese periodo, para la presente investigación se recolectaron antes de la floración.

El 2 de marzo se identificaron y a la vez se seleccionaron las ramas sin flores, con varias yemas (con un mínimo de 3 yemas por estaca) y con un diámetro de 0.5 – 1 cm. de las ramas obtenidas se cortaron estacas de 10 – 15 cm de longitud aproximadamente, realizando un corte perpendicular en la parte basal y un corte bisel en la parte superior (para evitar la acumulación de agua y su posterior pudrición de la estaca). La cantuta es una especie no caducifolia, por esta razón se puede recolectar estacas en cualquier estación del año, preferentemente se debe recolectar en época de lluvia porque es exigente en agua (Challco, 2011).



Figura 11. Recolección de estacas de cantuta

Para la conservación de las estacas, se envolvieron en papel periódico húmedo, y colocado en una bolsa de polietileno de color negro, a fin de conservar la humedad y evitar la deshidratación manteniendo los tejidos hidratados y sin daños hasta el momento del estaquillado (Figura 12).



Figura 12. Conservación de estacas

3.2.6. Preparación de estacas

Las estacas de cantuta amarilla fueron identificadas con hilo de color celeste y las estacas de cantuta roja fueron identificadas con hilo de color azul (Figura 13). Esta identificación se hizo para poder reposar estacas de ambos colores en un solo recipiente.



Figura 13. Identificación de estacas de cantuta de color rojo y amarillo

Luego de la identificación se procedió al reposo de la parte basal de las estacas a una profundidad de 10 cm por 24 horas (Figura 14).



.Figura 14. Reposo de estacas de cantuta

3.2.7. Desinfección del sustrato

Para evitar la formación de hongos y otros patógenos que están presentes en los sustratos se realizó la solarización durante 15 días.

3.2.8. Estaquillado

Se realizó después de las 24 horas del reposo de las estacas, cuatro horas antes se realizó un riego para que el sustrato este a capacidad de campo, previo al estaquillado se hicieron agujeros de 7 cm de profundidad para poder trasplantar las estacas. (Figura 15).



Figura 15. Transplante de estacas.

3.2.9. Riego

Challco, (2011), recomienda que, para este tipo de propagación es muy importante mantener la humedad adecuada en el sustrato como en el medio ambiente. Es por ello que se aplicó riego a capacidad de campo una vez por día durante todo el transcurso de la investigación (7 meses), se usó una regadora de chorro fino para no ocasionar daños en las estacas como también en los brotes, en lo posible se evitó el encharcamiento a fin de restringir la aparición de enfermedades fungosas.

3.2.10. Aplicación de fitohormonas

Se ha realizado el riego con las respectivas fitohormonas de cada tratamiento a los 84 y 105 días después del estaquillado, respectivamente por un periodo de 2 días, las fitohormonas fueron preparadas de la misma manera que para el reposo de las estacas, se aplicó con $\frac{1}{2}$ litro de las fitohormonas y medio litro de agua a excepción del Phyllum MaxR que se preparó a 3.75 ml/lit.

3.2.11. Control de malezas

El control de malezas (Figura 16) se realizó manualmente, teniendo cuidado de no dañar rebrotes, debido a que no hubo mucha presencia de malezas se hizo el deshierbo una vez al mes. Las malezas que se registraron fueron las siguientes:

- Malva kora (*Tarasa cerratei*)
- Maycha (*Senecio vulgaris*)
- Pasto k'acho (*Poa annua*)
- Amor seco (*Bidens pilosa*)
- Bolsa de pastor (*Capsella bursapastoris*)



Figura 16. Presencia de malezas maycha (*Senecio vulgaris*) y pasto k'acho (*Poa annua*)

3.3. Evaluaciones realizadas

La metodología que se empleó para evaluar las variables de respuesta en el trabajo de investigación fueron los siguientes:

3.3.1. Días a la brotación

Se tomaron en cuenta los días transcurridos desde el estaquillado hasta que el 50% o más de estacas emitieran sus primeros brotes.

3.3.2. Número de hojas

Se hizo una cuantificación de todas las hojas tomando 3 muestras por cada tratamiento después de los 49 días del estaquillado, tomando datos cada 7 días hasta la conclusión del experimento. Para esta variable de respuesta se tuvo un total de 24 evaluaciones, y de

estas evaluaciones se consideraron solo 3. Por lo que nuestro primer dato analizado fue a los 84 días del estaquillado (para poder ver el antes del efecto de la aplicación de fitohormonas mediante el riego), el segundo dato analizado fue a los 154 días, y el tercer dato analizado fue a los 210 días.

3.3.3. Engrosamiento del rebrote

Para esta variable se utilizó el instrumento vernier para tener en cuenta el diámetro del brote, utilizando como dato el rebrote más grande, con 3 muestras por tratamiento, después de los 77 días, y sacando datos cada 15 días, hasta la conclusión del experimento. Para esta variable de respuesta se tuvo 9 evaluaciones, y de esta evaluación se consideraron solo tres, se optó dividir las 9 evaluaciones entre 3. Por lo que nuestro primer dato analizado fue a los 119 días después del estaquillado, el segundo dato analizado fue a los 161 días, y el tercer dato analizado fue a los 203 días.

3.3.4. Altura de rebrote

Se tomaron datos desde el momento que apareció el rebrote (49 días después del estaquillado) hasta los 203 días, cada 15 días. Se tomó como referencia 2 muestras por cada tratamiento para esta variable se tuvo 12 evaluaciones, y de estas se eligieron solo tres, la primera a los 77 días después del estaquillado, el segundo a los 147 días, y el tercer dato analizado fue a los 203 días.

3.3.5. Crecimiento primario de la raíz

Se realizó a los 210 días después del estaquillado, se utilizó una regla graduada donde de midió la longitud de la raíz principal, se extrajo 3 muestras por cada tratamiento, cuidando de no dañar las rices, midiendo desde el cuello de la raíz hasta el ápice radicular con una regla graduada.

3.3.6. Volumen radicular

Esta variable se evaluó a los 210 días después del estaquillado, sumergiendo la raíz en una probeta graduada de 1000 cc con agua y calculando a cuánto asciende el agua después de sumergir la raíz.

$$\text{Volumen Radicular} = (\text{Vol. H}_2\text{O} + \text{Raiz Sumergida}) - \text{Vol. H}_2\text{O}$$

3.3.7. Porcentaje de prendimiento

Se consideraron las estacas vivas por tratamiento teniendo un porcentaje de prendimiento definitivo.

$$\% \text{ de Prendimiento} = \frac{\text{Nro. de estacas con brotes}}{\text{Nro. de estacas totales}} \times 100$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO:

Determinar el número de días a la brotación de estacas de dos especies de cantuta (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*) con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

HIPÓTESIS:

La aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético en estacas de dos especies de cantuta (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*) influyen en la brotación.

4.1. Días a la brotación

Para el número de días a la brotación de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, se tuvo un comportamiento homogéneo para cada especie (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*), para las fitohormonas fueron estadísticamente diferentes y para la interacción de especie x fitohormona no hubo significancia estadística. El coeficiente de variabilidad fue de 16.46% (Tabla 20, anexo).

Debido a que se encontró diferencia para el factor de fitohormona, se realizó la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), obteniendo estadísticamente los menores valores con la aplicación de extracto de Rhizobium, extracto de sauce y Phyllum Max R con 50, 53 y 59 días respectivamente; en cuanto al testigo, es decir sin aplicación de fitohormonas mostro un mayor número de días a la brotación con 78 días, con respecto a las estacas tratadas con fitohormonas.

Tabla 4. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para días a la brotación de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

Orden de mérito	Fitohormona	Días a la brotación		Sig.
		Estadísticos	Reales	
1	Testigo	78.33	78	a
2	Extracto de Álamo	68.17	68	a b
3	Infusión de Canela	61.67	62	a b
4	Phyllum MaxR	59.17	59	b
5	Extracto de Sauce	52.59	53	b
6	Extracto de Rhizobium	50.17	50	b

Discusión

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, son inferiores a los reportados por Calle (2012), quien al aplicar fitohormonas naturales y sintéticos en *Cantua buxifolia* obtuvo resultados a los 92 días, cuyos resultados son los siguientes: tratamiento B: Extracto de *Rhizobium sp.* Con 95.57%; tratamiento D: Root hor con 89.40%; tratamiento C: Extracto de lenteja con 87.28%; tratamiento E: Rootone con 81.06%; tratamiento A: 80.85%; tratamiento F: Rapid rot con 80.28%; tratamiento G: testigo con 78.42%. Estos resultados fueron obtenidos por Calle en 92 días. La diferencia en días a la brotación probablemente se debe a las fitohormonas que se aplicaron, el ambiente en el que se condujo la investigación fue conducido en vivero y con riego por nebulización.

En base a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis planteada, ya que según el análisis de varianza para días a la brotación los resultados fueron altamente significativo en cuanto a fitohormonas.

El menor número de días a la brotación fue con el extracto de *Rhizobium*, extracto de sauce y el producto sintético Phyllum Max R; debido a la presencia de una auxina natural llamado ácido indolacético (Figura 17). Son las fitohormonas que juegan el rol más importante en el desarrollo de las plantas, en bajas concentraciones son capaces de estimular los procesos de desarrollo y crecimiento de plantas, el AIA está involucrado en el crecimiento y desarrollo de las plantas, principalmente en una serie de procesos fisiológicos que incluyen el alargamiento y división celular, diferenciación de tejido, fototropismo, gravitropismo y en respuestas defensivas, destacando un importante rol en la formación del xilema y la raíz (Vega – Caledón *et al.*, 2016). Las hormonas vegetales son moléculas sintetizadas por la planta que controlan la gran mayoría de los procesos fisiológicos y bioquímicos como lo son la división celular, el crecimiento, la diferenciación de los órganos aéreos y de las raíces (Porta y Jiménez – Nopala, 2019). También, regulan la embriogénesis, la germinación de las semillas, la floración, la formación del fruto, la caída de las hojas y la senescencia, además, se inducen en respuesta a la invasión por patógenos (Yoshimoto *et al.*, 2009).

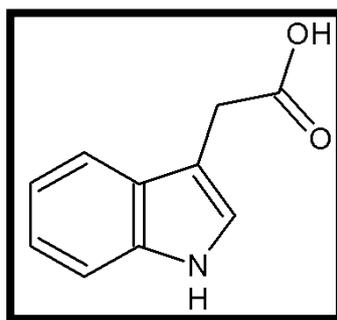


Figura 17. Fórmula del ácido indolacético ($C_{10}H_9NO_2$)

El producto sintético Phyllum MaxR con 59.17 días fue la tercera fitohormona que tuvo el menor número de días a la brotación, por su concentración de extracto de algas (24%), auxinas (1,200 ppm), citoquininas (16 ppm), giberelinas (4.5 ppm), macro y micronutrientes (76%). Las citoquininas son hormonas vegetales que promueven la división celular en tejidos no meristemáticos y formación de órganos, las citoquininas son derivados de adenina identificados por su capacidad de promover la citoquinesis (etapa final del ciclo celular) (Vega – Caledón *et al.*, 2016). Las giberelinas (Figura 18), promueven principalmente la elongación del tallo. Investigaciones determinaron que altas concentraciones de giberelina inhiben la formación de raíces adventicias, pero que reduciéndose esta concentración en los tejidos se llega a promover el desarrollo de estas (Vega – Caledón *et al.*, 2016). Los macronutrientes son necesarios en cantidades mayores, al paso que los micronutrientes sólo son necesarios en cantidades muy pequeñas (algunas partes por millón), las plantas requieren un aporte equilibrado de todos estos nutrientes fundamentales para que la planta tenga un crecimiento normal (CRODA).

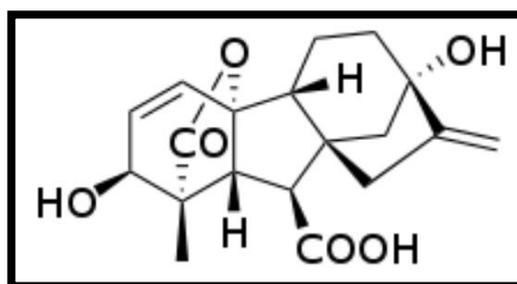


Figura 18. Fórmula del ácido giberélico ($C_{19}H_{22}O_6$)

4.2. Número de hojas

4.2.1. Número de hojas a los 84 días (inicio)

Para el número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, se tuvo un comportamiento homogéneo para cada

especie (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*), para las fitohormonas se tuvo un comportamiento heterogéneo, para la interacción de la especie x fitohormona hubo significancia estadística. El coeficiente de variabilidad fue de 29.82% (Tabla 21, anexo).

Se encontró diferencia estadística altamente significativo para el factor de fitohormona, por lo que se hizo la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), obteniendo el mayor número de hojas con la aplicación del extracto de sauce con 14 hojas/estaca; seguido del extracto de Rhizobium, infusión de canela y Phyllum Max R con 12.95; 10.28 y 10.28 hojas/estaca respectivamente, el menor número de hojas se obtuvo con el testigo con 6.56 hojas/estaca.

Tabla 5. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio)

Orden de mérito	Fitohormona	Número de hojas		Sig.
		Estadísticos	Reales	
1	Extracto de Sauce	14.00	14	a
2	Extracto de Rhizobium	12.95	13	a b
3	Infusión de Canela	10.28	10	a b c
4	Phyllum MaxR	10.28	10	a b c
5	Extracto de álamo	7.66	8	b c
6	Testigo	6.56	7	c

De acuerdo al análisis de varianza para el número de hojas/estaca, demuestra que hay diferencia significativa en la interacción especie x fitohormona, por lo que se hizo la prueba de efectos simples (Tabla 22, anexo). Dónde: para *Cantua buxifolia* en fitohormona tuvo un comportamiento homogéneo, *Cantua tomentosa* en fitohormona tuvo un comportamiento heterogéneo. Para extracto de Álamo, infusión de canela, Phyllum MaxR, extracto de Rhizobium y testigo en especie tuvieron un comportamiento homogéneo. Para extracto de Sauce en especie se tuvo un comportamiento heterogéneo.

La tabla 6, muestra la interacción entre el efecto de las fitohormonas sobre el número de hojas/estacas en dos especies de cantuta, donde se observa que tuvo mejor efecto la aplicación de extracto de sauce en la especie *Cantua tomentosa*; en cambio la aplicación de extracto de Rhizobium fue mejor en la especie *Cantua buxifolia*, demostrando el mayor número de hojas por estaca tratada.

Tabla 6. Interacción de factores, especies por fitohormonas en el número de hojas/estaca en estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio)

Especies	Extracto de sauce	Extracto de álamo	Infusión de canela	Extracto de Rhizobium	Phyllum MaxR	Testigo
<i>Cantua buxifolia</i>	10.33	6.0	7.89	12.78	12.44	7.78
<i>Cantua tomentosa</i>	17.67	9.33	12.67	13.11	8.11	5.33

Para poder saber con claridad el orden de mérito de especie por fitohormona se hizo la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), tal y como se muestra en la Tabla 7, obteniendo estadísticamente el mayor número de hojas/estaca el tratamiento con código CTEA con 17.67 siendo este estadísticamente el mejor tratamiento; los tratamientos con código CTPM, CBICanZ, CBT, CBEA y CTT con 8.11, 7.89, 7.78, 6.00 y 5.33 respectivamente son estadísticamente iguales entre sí pero numéricamente diferentes.

Tabla 7. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la combinación especie por fitohormona para el número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético a los (inicio)

Orden de mérito	Código	Combinación	Número de hojas		Sig.
			Estadísticos	Reales	
1	CTES	<i>Cantua tomentosa</i> + extracto de sauce	17.67	18	a
2	CTER	<i>Cantua tomentosa</i> + Extracto de Rhizobium	13.11	13	a b
3	CBER	<i>Cantua buxifolia</i> + Extracto de Rhizobium	12.78	13	a b
4	CTICanZ	<i>Cantua tomentosa</i> + Infusión de canela	12.67	13	a b
5	CBPM	<i>Cantua buxifolia</i> + Phyllum MaxR	12.44	13	a b
6	CBES	<i>Cantua buxifolia</i> + extracto de sauce	10.33	10	a b
7	CTEA	<i>Cantua tomentosa</i> + extracto de álamo	9.33	9	a b
8	CTPM	<i>Cantua tomentosa</i> + Phyllum MaxR	8.11	8	b

9	CBICanZ	<i>Cantua buxifolia</i> + Infusión de canela	7.89	8	b
10	CBT	<i>Cantua buxifolia</i> + testigo	7.78	8	b
11	CBEA	<i>Cantua buxifolia</i> + extracto de álamo	6.00	6	b
12	CTT	<i>Cantua tomentosa</i> + testigo	5.33	5	b

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, son superiores a los reportados por (Challco, 2011), que evaluó el número de hojas como primera muestra a los 60 días, donde observo tratamientos con mayor y menor cantidad de hojas influenciados por el tipo de enraizador y el tipo de sustrato, los tratamientos en los cuales se utilizó agua de coco como enraizador presentaron en promedio 9 hojas, en cambio, los tratamientos con extracto de sauce registraron 7 hojas en promedio en el mismo tiempo. Estas diferencias en el número de hojas probablemente se deben a las fitohormonas que se aplicaron, el ambiente en el que se condujo fue en vivero. En tanto, (Huarhua, 2017), reporto un menor número de hojas al aplicar dos enraizadores naturales en esquejes de queñua, mientras que (Porta y Jiménez – Nopala, 2019) indican que, las giberelinas regulan varios procesos durante el ciclo de vida de una planta entre ellas la expansión de hojas, elongación del tallo, la orientación y la senescencia de las hojas, la floración de semillas y frutos.

4.2.2. Número de hojas a los 154 días (intermedio)

Para el número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, se tuvo un comportamiento homogéneo para cada especie (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*). Mientras que para las fitohormonas fueron estadísticamente diferentes, en tanto para la interacción especie x fitohormona fue heterogénea. El coeficiente de variabilidad fue de 18.43% (Tabla 23, anexo).

Se encontró diferencia significativa para el factor de las fitohormonas por lo que, se hizo la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ($p > 0.05$), obteniendo el mayor número de hojas al aplicar extracto de sauce con 24.78 hojas/estaca, siendo este superior a las demás aplicaciones de fitohormonas; seguido de las aplicaciones con infusión de canela, Phyllum MaxR, extracto de Rhizobium y extracto de Álamo con 24.00, 23.39, 21.72 y 19.06 hojas/estaca, respectivamente. El menor número de hojas fue 17.06 hojas/estaca, correspondiente al testigo, es decir sin la aplicación de fitohormonas.

Tabla 8. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (intermedio)

Orden de mérito	Fitohormona	Número de hojas		Sig.
		Estadísticos	Reales	
1	Extracto de Sauce	24.78	25	a
2	Infusión de Canela	24.00	24	a b
3	Phyllum MaxR	23.39	23	a b
4	Extracto de Rhizobium	21.72	22	a b
5	Extracto de álamo	19.06	19	a b
6	Testigo	17.06	17	b

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, son similares a los reportados por Chalco (2011), evaluó a los 120 días donde, el enraizador de coco tuvo un mayor efecto favorable en la cantidad de hojas de todos los tratamientos respecto al extracto de sauce. En promedio se registraron 19 hojas desarrolladas usando agua de coco y 17 hojas usando extracto de sauce. Existe poca diferencia en cuanto a los datos y estas diferencias en el número de hojas probablemente se deban a las fitohormonas aplicadas, el ambiente el que se condujo fue en vivero.

4.2.3. Número de hojas a los 210 días (final)

Para el número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, se tuvo un comportamiento homogéneo para cada especie (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*), para las fitohormonas fueron estadísticamente diferentes, en tanto para la interacción especie x fitohormona no hubo significancia. El coeficiente de variabilidad fue de 15.30% (Tabla 24, anexo).

Se encontró diferencia estadística para las fitohormonas, por lo que se hizo la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ($p > 0.05$), obteniendo el mayor número de hojas/estaca con la aplicación de extracto de Rhizobium con 37.89 hojas/estaca; seguido de los tratamientos con la aplicación del extracto de sauce, infusión de canela, extracto de álamo y Phyllum MaxR con 34.78, 33.00, 32.17 y 31.22 hojas/estaca respectivamente; el menor número de hojas/estaca corresponde al testigo con 26.61.

Tabla 9. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (final)

Orden de mérito	Fitohormona	Número de hojas		Sig.
		Estadísticos	Real	
1	Extracto de Rhizobium	37.89	38	a
2	Extracto de Sauce	34.78	35	a b
3	Infusión de Canela	33.00	33	a b
4	Extracto de álamo	32.17	32	a b
5	Phyllum MaxR	31.22	31	a b
6	Testigo	26.61	27	b

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, son menores a los reportados por Calle (2012), quien evaluó el número de hojas para las estacas de cantuta roja a los 240 días, cuyo resultados son: tratamiento A: extracto de sauce con 100.00 hojas; B: extracto de Rhizobium sp. con 135.00 hojas; C: extracto de lenteja con 108.00 hojas; D: Root hor con 142.33 hojas; E: 101.33 hojas; F: Rapid rot con 132.33 hojas; G: testigo con 99.67 hojas. Estas diferencias en el número de hojas probablemente se deban a las fitohormonas que se aplicaron, el medio en el que se condujo (vivero), riego por nebulización. Al igual que en otras especies vegetales la cantuta desarrolla mayor cantidad de hojas antes de la floración, esto ocurre con el propósito de asegurar la disponibilidad de nutrientes y energía a las flores como resultado de una mayor actividad fotosintética. Además la estimulación indirecta del crecimiento de plantas incluye una variedad de mecanismos por los cuales la bacteria inhibe la acción fúngica sobre el crecimiento y desarrollo de la planta (Santillana *et al.*, 2005).

Por otro lado (Azcon – Bieto y Talon, 2008), indican que el funcionamiento normal de los organismos pluricelulares exige mecanismos precisos de regulación que permitan una perfecta coordinación de las actividades de sus células, tejidos y órganos. Entre los posibles mecanismos de regulación, el más conocido es el sistema de mensajeros químicos (señales químicas), que permite la comunicación entre las células y coordina sus actividades. En las plantas, la comunicación química se establece fundamentalmente a través de hormonas (o fitohormonas). Así, el transporte polar de las auxinas es necesario para la diferenciación del xilema o para la iniciación de las raíces laterales. La síntesis de ácido absísico en los ápices radicales, en respuesta a un déficit hídrico, y su transporte por el xilema hasta las hojas, donde da lugar al cierre de las estomas.

4.3. Engrosamiento del rebrote

4.3.1. Engrosamiento del rebrote a los 119 días (inicio)

Para el engrosamiento de rebrote en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio), no hubo diferencia significativa entre las especies (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*), las fitohormonas y la interacción de especie x fitohormona tuvieron un comportamiento homogéneo. El coeficiente de variabilidad fue de 38.26% (Tabla 25, anexo).

Los factores en estudio y la interacción, no presentan significancia estadística, por lo que se efectuó una comparación de promedios. En la figura 19, se muestra la comparación de promedios del engrosamiento del rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, se obtuvo el mayor engrosamiento de rebrote con la aplicación del extracto de Rhizobium y el producto sintético Phyllum Max R con 0.18 y 0.17 cm, respectivamente, el menor engrosamiento correspondió a la aplicación de extracto de álamo y los testigos con 0.11 y 0.10 cm, respectivamente. Lo que nos indica que las estacas tratadas con fitohormonas tuvieron un mayor engrosamiento.

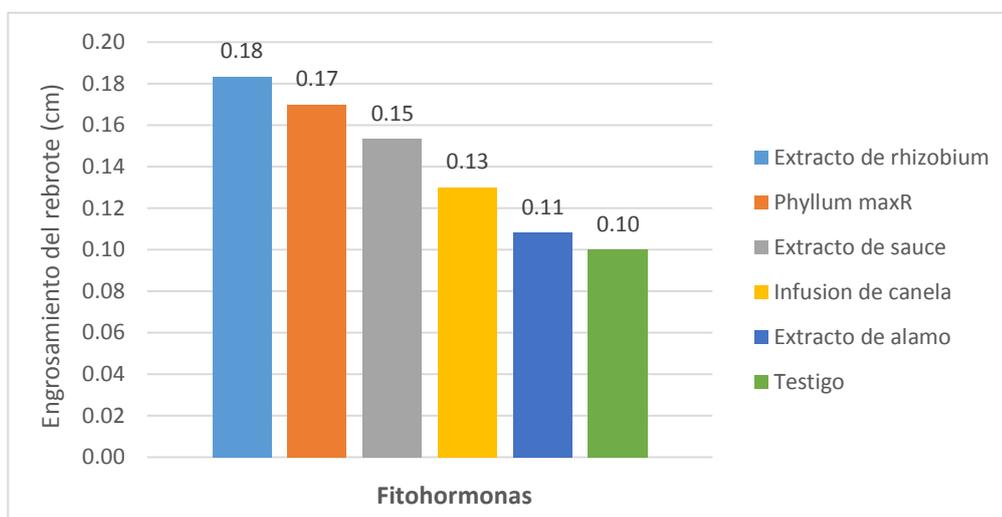


Figura 19. Engrosamiento del rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio).

Según los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, Campofert, afirma que, la combinación de fitohormonas del enraizamiento garantiza la activación metabólica para favorecer la formación de raíces, las citoquininas en combinación con la auxina, regula la morfogénesis (formación de tejidos), también inhibe el crecimiento de las yemas laterales del tallo (Azcon – Bieto y Talón, 2008).

4.3.2. Engrosamiento del rebrote a los 161 días (intermedio)

Para el engrosamiento del rebrote de dos especies de cantuta y la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (intermedio), se tuvo un comportamiento homogéneo entre las especies (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*), las fitohormonas y la interacción de especie x fitohormona no hubo diferencia estadística, por lo que se puede deducir que tuvieron un comportamiento homogéneo. El coeficiente de variabilidad fue de 33.39% (Tabla 26, anexo).

Los factores en estudio y la interacción, no presentan significancia estadística, por lo que se efectuó un comparativo de promedios. En la figura 20, se muestra la comparación de promedios del engrosamiento del rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, obteniendo el mayor engrosamiento de rebrote con la aplicación del extracto de Rhizobium, extracto de sauce e infusión de canela con 0.24, 0.22 y 0.22 cm respectivamente, en cuanto al testigo, es decir sin la aplicación de fitohormonas mostro un engrosamiento menor con 0.18 cm, con respecto a las estacas tratadas con fitohormonas.

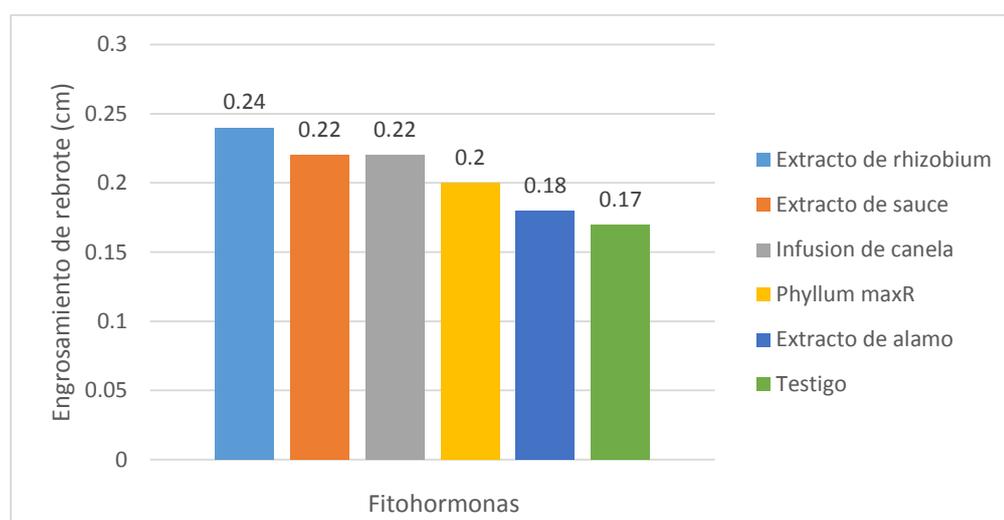


Figura 20. Engrosamiento del rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (intermedio).

Según los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, las Citoquininas son hormonas vegetales naturales que estimulan la división celular en tejidos no meristemáticos, estimulan la mitosis, produce un aumento de la síntesis de ADN, ARN y proteínas, favorece la formación de yemas laterales, transpiración y crecimiento de tubérculos, son producidas en las zonas de crecimiento, como los meristemas en la punta de las raíces, las citoquininas activan la división celular en los tallos. Facilitan la

cicatrización de las heridas. Prolongan la vida de las hojas, flores y frutos, las auxinas producen el alargamiento de las células y estimulan la división celular del cambium. Inhiben el desarrollo de las yemas axilares e inducen la floración y fructificación (las hormonas vegetales, 2016).

4.3.3. Engrosamiento del rebrote a los 203 días (final)

Para el engrosamiento del rebrote en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, se tuvo un comportamiento homogéneo entre las especies (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*), para las fitohormonas y la interacción especie x fitohormona fueron estadísticamente diferentes. El coeficiente de variabilidad fue de 4.41% (Tabla 27, anexo).

Se encontró diferencia estadística altamente significativa para el factor fitohormona, por lo que se hizo la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), obteniendo el mayor engrosamiento de rebrote con la aplicación del extracto de Rhizobium y extracto de Sauce con 0.40 cm; seguido de la aplicación con extracto de álamo, Phyllum MaxR e infusión de canela con 0.36 cm, el menor engrosamiento de rebrote fue el testigo con 0.32 cm, lo que indica que las fitohormonas influyeron en el engrosamiento de las estacas de cantuta.

Tabla 10. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el engrosamiento del rebrote de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (final)

Orden de mérito	Fitohormona	ER (cm)	Sig.
1	Extracto de Rhizobium	0.40	a
2	Extracto de Sauce	0.40	a
3	Extracto de álamo	0.36	b
4	Phyllum MaxR	0.36	b
5	Infusión de Canela	0.36	b
6	Testigo	0.32	c

De acuerdo al análisis de varianza para engrosamiento de rebrote demuestra que hay diferencia significativa en la interacción especie x fitohormona, por lo que se hizo la prueba de efectos simples (tabla 28, anexo). Dónde: para *Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa* en fitohormona tuvieron un comportamiento heterogéneo; para extracto de Álamo y testigo en especie tuvieron un comportamiento heterogéneo; para extracto de

sauce, infusión de canela, Phyllum MaxR y extracto de Rhizobium en especie tuvieron un comportamiento homogéneo.

La tabla 11, muestra la interacción entre el efecto de las fitohormonas sobre el engrosamiento del rebrote en dos especies de cantuta, donde se observa que tuvo mayor efecto la aplicación de extracto de Rhizobium en la especie *Cantua buxifolia*, en cambio la aplicación del extracto de sauce, tuvo mejor efecto en la especie *Cantua tomentosa*; en cuanto al engrosamiento del rebrote en estacas.

Tabla 11. Interacción de factores, especies por fitohormonas en el engrosamiento del rebrote (cm), de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

Especies	Extracto de sauce	Extracto de álamo	Infusión de canela	Extracto de Rhizobium	Phyllis Mar	testigo
<i>Cantua buxifolia</i>	0.39	0.34	0.36	0.41	0.35	0.30
<i>Cantua tomentosa</i>	0.40	0.38	0.35	0.39	0.36	0.34

La tabla 12, muestra la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), para la combinación especie por fitohormona para el engrosamiento del rebrote de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, obteniendo el mayor engrosamiento del rebrote los tratamientos con código CBER, CTES con 0.41 y 0.40 cm respectivamente, mostrando superioridad estadística frente a los demás tratamientos, se logró el menor engrosamiento con el testigo CBT con 0.30 cm. en consecuencia, se puede manifestar que el extracto de Rhizobium y el extracto de sauce contienen fitohormonas naturales que promueven el engrosamiento de rebrote en las cantutas en estudio.

Tabla 12. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), para la combinación especie por fitohormona para el engrosamiento del rebrote (cm), en estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (final).

Orden de mérito	Trat.	Combinación	Engrosamiento de rebrote (cm)	Sig.
1	CBER	<i>Cantua buxifolia</i> + extracto de Rhizobium	0.41	a

2	CTES	<i>Cantua tomentosa</i> + extracto de sauce	0.40	a
3	CTER	<i>Cantua tomentosa</i> + extracto de Rhizobium	0.39	a b c
4	CBES	<i>Cantua buxifolia</i> + extracto de sauce	0.39	a b c
5	CTEA	<i>Cantua tomentosa</i> + extracto de álamo	0.38	a b c d
6	CBICanZ	<i>Cantua buxifolia</i> + infusión de canela	0.36	a b c d
7	CTPM	<i>Cantua tomentosa</i> + Phyllum MaxR	0.36	b c d
8	CBPM	<i>Cantua buxifolia</i> + Phyllum MaxR	0.35	b c d
9	CTICanZ	<i>Cantua tomentosa</i> + infusión de canela	0.35	b c d
10	CTT	<i>Cantua tomentosa</i> + testigo	0.34	d e
11	CBEA	<i>Cantua buxifolia</i> + extracto de álamo	0.34	d e
12	CBT	<i>Cantua buxifolia</i> + testigo	0.30	e

El engrosamiento de rebrote (cm), de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, las fitohormonas mostraron superioridad en el engrosamiento del rebrote en todos los casos excepto en el tratamiento con código CBEA. En esta variable de respuesta no hubo significancia en cuanto a especies, pero si en fitohormonas y la interacción especie x fitohormona, contrariamente a lo que reporta (Calle, 2012), menciona que, de acuerdo al análisis de varianza para el engrosamiento del rebrote a los 240 días, afirma que no existe diferencias significativas para el factor de tratamientos de aplicación de fitohormonas, por ser F-calculada (1.731) y la F-tabular (2.85 y 4.46), donde no manifiesta datos del engrosamiento del rebrote. La diferencia en el engrosamiento probablemente se debe a las fitohormonas que se aplicaron, el ambiente en el que se condujo la investigación fue conducido (vivero).

(Lira, 2007) mencionado por (Calle, 2012), menciona que, el desarrollo de las plantas está influido por estímulos generados en el interior de sus órganos o como resultado de su organización que haya alcanzado, el mismo autor confirma que el desarrollo puede resultar afectado o está controlado por hormonas, esta hormona específica menciona (Bosque, 2010), son las giberelinas que controlan el crecimiento y elongación de los tallos, provocando la división celular al cortar la interface del ciclo celular, incrementando la elasticidad de la pared celular y aumentar el contenido de glucosa y fluctuosa.

4.4. Altura de rebrote

4.4.1. Altura de rebrote a los 77 días (inicio)

Para la altura el rebrote en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, se tuvo un comportamiento igual para cada especie (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*). En tanto para las fitohormonas fueron estadísticamente diferentes. Para la interacción de la especie por fitohormona se tuvo un comportamiento igual (Tabla 29, anexo). Además, el coeficiente de variabilidad (C.V.) es 26.25%.

Se encontró una alta significancia estadística para el factor de fitohormonas, por lo que se hizo la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), se logró la mayor altura de rebrote con la aplicación de extracto de Rhizobium, Phyllum MaxR, extracto de sauce e Infusión de canela con 3.33; 2.73; 2.49 y 2.25 cm respectivamente, siendo estos superiores a los demás tratamientos; seguido del tratamiento con la aplicación de extracto de álamo con 1.86 cm, la menor altura de rebrote corresponde al testigo con 1.57 cm.

Tabla 13. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para altura de rebrote (cm), de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio)

Orden de mérito	Fitohormona	Altura de rebrote (cm)	Sig.
1	Extracto de Rhizobium	3.33	a
2	Phyllum MaxR	2.73	a b
3	Extracto de Sauce	2.49	a b
4	Infusión de Canela	2.25	a b
5	Extracto de álamo	1.86	b c
6	Testigo	1.57	c

Los resultados que se obtenidos en el presente trabajo de investigación, son mayores a lo reportado por (Ortiz, 2014) que evaluó la eficacia de tres enraizadores orgánicos y ácido indolacético (AIA) en esquejes de aguaymanto (*Physalis peruviana* Linnaeus) en Lircay – Angaraes, a los 50 días evaluó el tamaño de brotes, donde encontró que el mayor tamaño de brote fue con la aplicación de canela molida con 4 cm; seguido por la aplicación de agua de avena germinado con 3.33 cm. en tanto (Barcelo, 1987) indica que los procesos de crecimiento en la planta no son independientes entre sí, sino que están íntimamente relacionados, el mismo autor ratifica afirmando que cuando el tallo crece en longitud y

grosos implica un incremento de las necesidades de agua, y nutrientes y para satisfacerlas, equilibra el crecimiento del sistema radicular. La diferencia en cuanto a la altura de rebrote probablemente se debe a las fitohormonas que se aplicaron, el ambiente en el que se condujo la investigación fue conducido en vivero.

4.4.2. Altura de rebrote (intermedio)

Para la altura de rebrote en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (intermedio), se tuvo un comportamiento homogéneo para cada especie (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*), para las fitohormonas fueron estadísticamente diferentes, en tanto para la interacción especie x fitohormona no hubo significancia estadística (Tabla 30, anexo). El coeficiente de variabilidad fue de 11.23%.

Se encontró diferencia altamente significativa para el factor de fitohormona, se realizó la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), la mayor altura de planta fue con la aplicación del extracto de Rhizobium y extracto de sauce con 12.46 y 10.65 cm respectivamente, siendo estas superiores estadísticamente a las demás; seguido por la aplicación de Phyllum MaxR y extracto de álamo con 9.61 y 9.5 cm de altura planta; las menores alturas de planta fueron 8.46 y 6.93 cm que corresponden a la aplicación de infusión de canela y el testigo respectivamente.

Tabla 14. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para altura de rebrote (cm), de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (intermedio)

Orden de mérito	Fitohormona	Altura de rebrote (cm)	Sig.
1	Extracto de Rhizobium	12.46	a
2	Extracto de Sauce	10.65	a b
3	Phyllum MaxR	9.61	b c
4	Extracto de álamo	9.56	b c
5	Infusión de Canela	8.45	c d
6	Testigo	6.93	d

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se relacionan con las afirmaciones de (Díaz, 2017) quien indica que, las auxinas son por excelencia hormonas del crecimiento vía división y alargamiento (raíz, tallo, hoja, fruto, etc.) y particularmente inducen la formación de raíces. Participan en los tropismos de las plantas, inhiben la brotación de yemas laterales (axilares) e inhiben la caída de órganos. Se sintetiza auxinas

a partir del aminoácido triptófano, siendo el ácido indolacético (AIA) la auxina más relevante en cuanto a cantidad y actividad. En tanto (Vega – Calderón *et al.*, 2016) indican que, la hormona vegetal ácido indol-3-acético (AIA) es la principal auxina en las plantas. El AIA controla diversos procesos fisiológicos como la elongación y división celular, la diferenciación de tejidos y las respuestas a la luz y la gravedad. La concentración de AIA se encuentra regulada en las plantas. Se ha descrito que las bacterias pueden modular los niveles de AIA.

4.4.3. Altura de rebrote a los 203 días (final)

Para altura de rebrote en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, se tuvo comportamiento homogéneo para cada especie (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*), en tanto las fitohormonas tuvieron un comportamiento heterogéneo, para la interacción especie x fitohormona tuvieron un comportamiento homogéneo. El coeficiente de variabilidad fue de 6.96% (Tabla 31, anexo).

Se encontró diferencia altamente significativa para el factor de fitohormona, por ello se hizo la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), para altura de rebrote de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (Tabla 15), la mayor altura de rebrote fue con la aplicación del extracto de Rhizobium con 18.84 cm, siendo este superior a los demás ; seguido Phyllum MaxR, extracto de sauce, infusión de canela y extracto de álamo con 15.59; 15.51; 15.13; 14.83 cm respectivamente, encontrándose en el mismo nivel de significancia; la menor altura de rebrote fue 10.69 cm que corresponde al testigo.

Tabla 15. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para altura de rebrote (cm), de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (final)

Orden de mérito	Fitohormona	Altura de rebrote (cm)	Sig.
1	Extracto de Rhizobium	18.84	a
2	Phyllum MaxR	15.59	b
3	Extracto de Sauce	15.51	b
4	Infusión de Canela	15.13	b
5	Extracto de álamo	14.83	b
6	Testigo	10.69	c

Los resultados Obtenidos en el presente trabajo de investigación, son inferiores a los reportados por (Calle, 2012) evaluó la altura de rebrote a los 240 días, donde observo

diferencia significativa con la aplicación de fitohormonas, cuyos resultados son lo siguiente: A: extracto de sauce con 21.233 cm; B: 42.600 cm; C: extracto de lenteja con 28.633 cm; D: Root hor con 49.267 cm; E: Rootone con 26.033 cm; F: Rapid rot con 24.533 cm; G: testigo con 18.833 cm. En tanto (Quispe, 2018) reportó resultados menores a lo obtenido en esta investigación, el efecto de las hormonas de enraizamiento en esquejes de álamo (*Pópulos deltoides*) al concluir la investigación el factor riego posee el resultado altamente significativo, bajo riego por capilaridad, fue influido por los tipos de riego con los cuales fueron provistos, además, los resultados no mostraron significancia en el factor extracto y la interacción, los tratamientos con riego capilar llegaron a tener 10.8 cm de altura, en comparación al riego realizado de forma tradicional que llegó a tener 8 cm de altura, ambos tratados con extracto de sauce. Estos resultados son similares a los obtenidos en esta investigación. La diferencia en altura de rebrote probablemente se debe a las fitohormonas que se aplicaron, el ambiente en el que se condujo la investigación fue conducido (vivero).

Las diferencias de altura en los distintos tratamientos son efecto de la actividad fisiológica que tienen las estacas, principalmente en su concentración de giberelinas y auxinas ya que estos componentes son esenciales para el crecimiento de longitud de brote, pero no se descarta la influencia directa de las fitohormonas en el crecimiento del brote principal (Hartmann y Kester 1997). Además el crecimiento del brote es resultado de la expansión celular que depende de la plasticidad celular (Azcon - Bieto y Talon, 2008). Por división de las células meristemáticas no se consigue aumento del volumen sino del número de células, es la elongación de las células procedentes de la división la responsable del incremento de tamaño vegetal. El crecimiento y desarrollo de las células, tanto individual como colectivamente, a su vez está dirigido por una variedad de señales ya sean las hormonas, la luz, la temperatura, la gravedad, e incluso posición de algunas células con respecto a otras células (Azcon - Bieto y Talon, 2008).

SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO:

Determinar el enraizamiento de estacas en dos especies de cantuta (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*) con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

HIPÓTESIS:

La aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético en estacas en dos especies de cantuta (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*) influyen en el enraizamiento.

4.5. Crecimiento primario de la raíz

Para el crecimiento primario de la raíz en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, se tuvo un comportamiento homogéneo para cada especie (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*), para las fitohormonas fueron estadísticamente diferentes al igual que para la interacción especie x fitohormona. El coeficiente de variabilidad fue de 6.4%. (Tabla 32, anexo).

Se encontró diferencia altamente significativa para el factor de las fitohormonas, por lo que se hizo la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ($p > 0.05$), tal como se observa en la Tabla 16, el mayor crecimiento primario de la raíz fue con la aplicación del extracto de Rhizobium con 23.47 cm; seguido en orden de significancia con la aplicación del extracto de sauce con 19.71 cm; posteriormente continúan la aplicación de infusión de canela; extracto de álamo y Phyllum MaxR con 17.62; 16.76 y 16.06 cm respectivamente, se obtuvo el menor crecimiento primario de la raíz con el testigo con 15.11 cm.

Tabla 16. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para crecimiento longitudinal de la raíz (cm) de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

Orden de mérito	Fitohormona	Crecimiento primario de la raíz (cm)	Sig.
1	Extracto de Rhizobium	23.47	a
2	Extracto de sauce	19.71	b
3	Infusión de canela	17.62	c
4	Extracto de álamo	16.76	c d
5	Phyllum MaxR	16.06	d e
6	Testigo	15.11	e

De acuerdo al análisis de varianza para el crecimiento primario de la raíz demuestra que hay diferencia significativa en la interacción especies x fitohormona, por lo que se hizo la prueba de efectos simples (Tabla 33, anexo) Dónde: para *Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa* en fitohormona tuvieron comportamiento heterogéneo; para extracto de álamo, extracto de sauce, infusión de canela, Phyllum MaxR y testigo en especie tuvieron un comportamiento homogéneo; para extracto de Rhizobium en especie tuvo un comportamiento heterogéneo.

La tabla 17, muestra la interacción entre el efecto de las fitohormonas sobre el crecimiento primario de la raíz en dos especies de cantuta, donde se observa que el extracto de *Rhizobium* tuvo el mejor efecto en ambas especies (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*).

Tabla 17. Interacción de factores, especies por fitohormonas en el crecimiento primario de la raíz de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

Especies	Extracto de sauce	Extracto de álamo	Infusión de canela	Extracto de <i>Rhizobium</i>	Phyllum MaxR	Testigo
<i>Cantua buxifolia</i>	20.69	17.13	17.30	22.13	16.40	15.14
<i>Cantua tomentosa</i>	18.72	16.39	17.94	24.81	15.71	15.08

Para poder entender con claridad el orden de mérito de especie por fitohormona se hizo la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), tal y como se muestra en la Tabla 18, obteniendo estadísticamente el mayor crecimiento primario de la raíz los tratamientos con código CTER y CBER con 24.81 y 22.13 cm, estos dos tratamientos son iguales entre si estadísticamente, a comparación de los tratamientos con códigos CBT y CTT con 15.14 y 15.08 cm respectivamente siendo estos dos tratamientos estadísticamente diferentes a los demás y con menor crecimiento primario de la raíz.

En esta comparación se aprecia que la mayor longitud radicular fue de 24.81 cm en una bolsa de repique con sustrato de 13 cm de altura, lo cual se puede decir que estas raíces tuvieron un desarrollo de geotropismo negativo ya que estas crecieron y se expandieron por dentro alrededor de las bolsas de repique, ocasionando que estas raíces broten a fuera de las bolsas.

Tabla 18. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), para crecimiento primario de la raíz (cm) para la combinación especie por fitohormona de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

Orden de mérito	Trat.	Combinación	C. P. R. (cm)	Sig.
1	CTER	<i>Cantua tomentosa</i> + extracto de <i>Rhizobium</i>	24.81	a

2	CBER	<i>Cantua buxifolia</i> + extracto de Rhizobium	22.13	a b
3	CBES	<i>Cantua buxifolia</i> + extracto de sauce	20.69	b c
4	CTES	<i>Cantua tomentosa</i> + extracto de sauce	18.72	b c d
5	CTICanZ	<i>Cantua tomentosa</i> + Infusión de canela	17.94	c d e
6	CBICanZ	<i>Cantua buxifolia</i> + Infusión de canela	17.30	c d e
7	CBEA	<i>Cantua buxifolia</i> + extracto de álamo	17.13	d e
8	CBPM	<i>Cantua buxifolia</i> + Phyllum MaxR	16.40	d e
9	CTEA	<i>Cantua tomentosa</i> + extracto de almo	16.39	d e
10	CTPM	<i>Cantua tomentosa</i> + Phyllum MaxR	15.71	d e
11	CBT	<i>Cantua buxifolia</i> + testigo	15.14	e
12	CTT	<i>Cantua tomentosa</i> + testigo	15.08	e

C. P. R.: Crecimiento primario de la raíz.

Discusión

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación son similares a los reportados por Calle (2012), donde manifiesta que el efecto de fitohormonas naturales y sintético en cantuta roja (*Cantua buxifolia*) cuyos resultados en cuanto a la longitud radicar (cm), son los siguientes; A: extracto de sauce con 15.133 cm; B: extracto de Rhizobium sp. con 22.533 cm; C: extracto de lenteja con 18.533 cm; D: rot hor 21.067 cm; E: Rootone con 17.100 cm; F: Rapid rot con 21.000 cm; G: 14,433 cm. pero inferiores a lo reportado por (Challco, 2011) que, indica que utilizando cuatro tipos de sustratos S1: 35% de turba, 10% estiércol de ovino, 35% arenilla y 20% tierra del lugar; S2: 35% turba, 15% estiércol de ovino, 15% arenilla 35% tierra del lugar; S3: 40% turba, 10% estiércol de ovino, 25% arenilla y 25% tierra del lugar; S4: 100% tierra del lugar, cuyos resultados son los siguientes: S1-extracto de sauce: 30,0 cm; S2-extracto de sauce: 25.0 cm; S3-extracto de sauce: 31.0 cm; S4-extracto de sauce: 24.5 cm; S1-agua de coco: 30.5 cm; S2-agua de coco: 29.0 cm; S3-agua de coco: 43.0 cm; S4-agua de coco: 30.05 cm. En tanto, también similares a los reportados por (Pizarro, 2017) quien evaluó el efecto de la fitohormona Rootone (AIB) y dos enraizadores naturales en estacas de granado (*Punica granatum* L.), en donde encontró que la longitud de raíces en estacas de granado con el tratamiento correspondiente al testigo mostro menor longitud con 15.78 cm, en comparación a los tratamientos con: agua de coco que alcanzo 29.62 cm, y el tratamiento con el extracto de sauce con 20.92 cm. En cambio (Condori, 2006) evaluó el crecimiento longitudinal de la raíz del *Arce negundo* donde reporto resultados inferiores a los obtenidos en esta investigación.

Urbina (2005), manifiesta que son raíces adventicias aquella que no tiene su origen a partir del meristemo apical, ni como raíces laterales originadas a partir del periciclo en la

estructura primaria de la raíz. Además afirma que las raíces adventicias tienen origen en los meristemas secundarios, su origen siempre es próximo a los tejidos vasculares, de esta forma facilita la conexión del floema y xilema.

En base a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis planteada, ya que según el análisis de varianza para días a la brotación los resultados fueron altamente significativo en cuanto a fitohormonas.

El mayor crecimiento longitudinal fue con el extracto de *Rhizobium*, esto se debe al alto contenido de auxinas, y estas son las que controlan la división celular en el cambium donde ocurre la diferenciación de las celular que darán origen a los elementos de xilema que se forman en tallos decapitados tratados con AIA es proporcional a la cantidad de hormona aplicada. Posteriormente Thaman y Went citados por Escobedo (1972) establecieron que para la formación de raíces adventicias era necesaria la auxina y la sustancia rizógena a la que llamaron Rizocalina.

En cambio el extracto de sauce fue la segunda fitohormona con la que se obtuvo mayor crecimiento longitudinal. Medina (2016), determino la concentración de auxinas en el extracto de sauce (*Salix chiliensis*) liofilizado es de 0,0342%. Vander Leck citado por Escobedo (1972), encontró que la presencia de yemas promovía poderosamente el enraizado de esquejes. El ácido indolacético es una auxina que actúa a nivel de los ápices, en los que hay tejido meristemático, el cual es indiferenciado, cuyas funciones son: inhibe el desarrollo de las yemas axilares, dando origen a un fenómeno que se conoce como dominancia apical, promueve y provoca el desarrollo de raíces laterales y adventicias. Existen sustancias estimuladoras de enraizamiento que se obtienen de forma natural, como el ácido salicílico derivado de hojas de sauce (*Salix humboldtiana* Willd.), el ácido salicílico permite estimular el enraizamiento (Ballesteros y Peña, 2012). Menciona que, en el caso del enraizamiento interesan las auxinas, que son las responsables del enraizamiento y de mantener la dominancia de la yema apical, entre otras funciones (Sisaro y Aguiwara, 2016).

Rojas y Homero (1990), el crecimiento radicular está regulado por un balance entre la auxina (hormona) y el etileno (inhibidor), y como la producción de esta está dirigido por la propia auxina.

Mientras que la fitohormona sintética fue la que menos efecto tuvo en el crecimiento longitudinal de la raíz, a pesar de su composición de auxinas, citoquininas y giberelinas,

quizá no se obtuvieron buenos resultados por el modo de aplicación. Al parecer el crecimiento de la raíz esta normalmente bajo el control de la auxina, ya que está fuertemente influenciada en el crecimiento de estas, así mismo la presencia de citoquininas es necesaria en las raíces para la división celular. Como en otros tejidos, probablemente el tipo y la velocidad de crecimiento dependen no solo de la presencia de citoquininas es necesaria en las raíces para la división celular. Como en otros tejidos, probablemente el tipo y la velocidad de crecimiento dependen no solo de la presencia de dichas hormonas sino el balance entre ella (Bidwel, 1979). La auxina controla el crecimiento de la raíz a través de dos efectos separados, al encontrar que aquella acelera el crecimiento del ápice de la raíz al principio pero inhibe su expansión posterior. Esta aparente dualidad de acción se puede deber al cambio de las concentraciones de otros factores del crecimiento, tales como las citoquininas (Vega – Calderón *et al.*, 2016).

Ortiz *et al.* (2017), ha descrito que las auxinas interactúan con las citoquininas para regular el crecimiento de la raíz primaria, la formación de pelos radicales y de las raíces laterales. Cuando se refiere al crecimiento y diferenciación de la arquitectura radicular, se debe mencionar la señalización de fitorreguladores como son citoquininas (CK) y auxinas (AIA).

4.6. Volumen radicular

Para el volumen radicular en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético. Se tuvo un comportamiento homogéneo para cada especie (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*), para las fitohormonas fueron estadísticamente diferentes, mientras que para la interacción especie x fitohormona fue estadísticamente igual. El coeficiente de variabilidad fue de 13.68%. (Tabla 34, anexo).

Se encontró diferencia significativa para el factor de la fitohormona, se realizó la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ($P > 0.05$), tal como se observa en la tabla 19, la aplicación de extracto de Rhizobium mostro superioridad frente a las demás aplicaciones de fitohormonas con 23.89 cc de volumen radicular; luego continua la aplicación de Phyllum MaxR, extracto de sauce, extracto de álamo, infusión de canela y testigo con 13.0; 12.44; 11.89; 11.72 y 9.78 cc de volumen radicular respectivamente.

Tabla 19. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), para volumen radicular (cc) de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

Orden de mérito	Fitohormona	Volumen radicular (cc)	Sig.
1	Extracto de Rhizobium	23.89	a
2	Phyllum MaxR	13	b
3	Extracto de sauce	12.44	b
4	Extracto de álamo	11.89	b
5	Infusión de canela	11.72	b
6	Testigo	9.78	b

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, son muy inferiores a lo reportado por (Calle ,2012) donde, manifiesta que el efecto en cuanto al volumen radicular con la aplicación de fitohormonas naturales y sintéticas en *Cantua bicolor*, fueron los siguientes: el tratamiento B: extracto de Rhizobium sp. con 231 cc, siendo este el mayor volumen radicular; seguido del tratamiento D: Root hor con 198.33 cc; los tratamientos que menos volumen radicular tuvieron fue A: extracto de sauce con 66.80 cc, seguido por el tratamiento G: testigo con 66.00 cc. Estas diferencias en el volumen radicular probablemente se deban a las fitohormonas que se aplicaron, el ambiente en el que se condujo fue en un vivero y con riego por nebulización.

En tanto (Van den Heade y Lecourt, 1981) mencionan que, las auxinas favorecen la diferenciación de los tejidos vegetales en brotes y raíces según su grado de concentración, las dosis pequeñas favorecen la emisión de brotes, dosis mayores provocan la formación de raíces. Este grupo de bacterias se caracterizan por su habilidad de facilitar directa o indirectamente el desarrollo de la raíz y del follaje de las plantas (Santillana *et al.*, 2005). Se ha encontrado que auxinas, como el ácido indol-butírico (AIB) y el ácido indol acético (AIA) e inductores químicos artificiales, elaborados con ácido alfa-naftalenacético (ANA), actúan regulando fisiológicamente los puntos de crecimiento activo de las raíces de las plantas y afectan la división celular promoviendo la emisión radical (Giraldo *et al.*, 2009). Varios reguladores del crecimiento como las auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido absicico y etileno influyen en la rizogénesis (Pina, 2008), (Jordán y Casaretto, 2006) indican que, las auxinas estimulan a la división de células localizadas en el periciclo en la zona justo arriba de la zona de elongación para provocar la formación de raíces laterales. Este fenómeno también se aplica en la formación de raíces adventicias la cual puede ocurrir en varios tejidos donde existan un grupo de células en activa división. Ortiz

et al., (2017) indican que las citoquininas (CK) y auxinas (AIA), son fitorreguladores que desempeñan un papel importante en el desarrollo del sistema radicular.

TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO:

Determinar el porcentaje de prendimiento de estacas de dos especies de cantuta (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*) en invernadero.

HIPÓTESIS:

La aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético en dos especies de cantuta (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*) influyen en el prendimiento de estas.

4.7. Porcentaje de prendimiento

Para el porcentaje de prendimiento en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, no hubo diferencias estadísticas significativas entre las especies (*Cantua buxifolia* y *Cantua tomentosa*), las fitohormonas y la interacción especie x fitohormona tuvieron un comportamiento homogéneo, lo que indica que tuvieron un comportamiento similar. Siendo el coeficiente de variabilidad de 9.72%. (Tabla 35, anexo).

Los factores en estudio y la interacción, no presentan significancia estadística, se realizó una comparación entre tratamientos; tal es así, que en la figura 21, muestra la comparación del porcentaje de prendimiento de datos reales, para estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, los tratamientos con alto porcentaje de prendimiento fueron: (CBER, CBPM, CTICanZ, CTER y CTPM) *Cantua buxifolia* + extracto de Rhizobium, *Cantua buxifolia* + Phyllum MaxR, *Cantua buxifolia* + infusión de canela, *Cantua tomentosa* + extracto de Rhizobium y *Cantua tomentosa* + Phyllum MaxR con valores de 66.67% cada tratamiento respectivamente; seguido por (CBES) *Cantua buxifolia* + extracto de sauce con 63.33%; los tratamientos con menor porcentaje de prendimiento fueron (CBEA y

CBT) *Cantua buxifolia* + extracto de álamo y *Cantua tomentosa* + testigo con 56.67% cada uno respectivamente

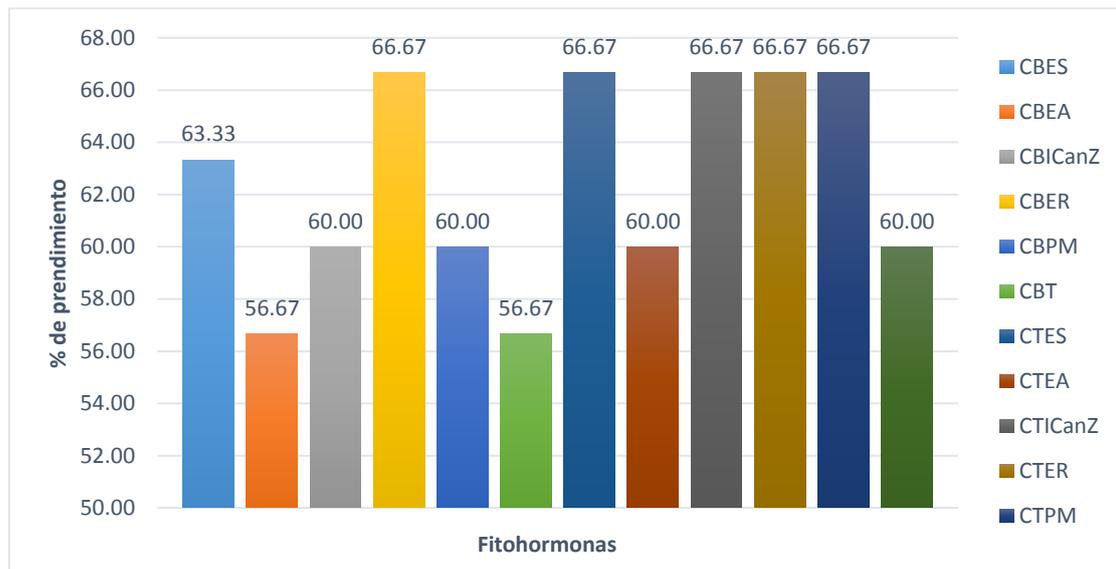


Figura 21. Prendimiento de estacas (%) de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro de fitohormonas naturales y un sintético.

Discusión

De acuerdo a los resultados que obtuvieron en el presente trabajo de investigación, son inferiores a lo reportado por (Calle, 2012) que manifiesta que el efecto de la aplicación de fitohormonas naturales y sintéticas en *Cantua buxifolia*, el porcentaje de prendimiento, se reporta lo siguiente: tratamiento B: Extracto de *Rhizobium sp.* Con 72.033%; tratamiento D: Root hor con 68.067%; tratamiento C: Extracto de lenteja con 63.767%; tratamiento E: Rootone con 63.200%; tratamiento F: Rapid rot con 58.900%; tratamiento A: Extracto de sauce con 58.100%; tratamiento G: Testigo con 49.133%. Y superior a lo reportado por (Challco, 2011) que, manifiesta en la reproducción asexual de la cantuta (*Cantua bicolor* Lem.) utilizando enraizadores naturales y sustratos, el porcentaje de prendimiento, cuyos resultados son los siguientes: enraizador Agua de coco con 46.5%; Extracto de sauce con 34.20%. En tanto (Pizarro, 2017) reporta datos superiores en el granado (*Punica granatum* L.), También (Ortiz, 2014) evaluó la eficacia de tres enraizadores orgánicos y ácido indolacético (AIA) en esquejes de aguaymanto (*Physalis peruviana* Linnaeus) en Lircay – Angaraes, encontró que el tratamiento con canela molida se logró el 78% de prendimiento; seguido del testigo con 48%, siendo estos resultados superiores a los obtenidos en esta investigación. La diferencia en el porcentaje de prendimiento probablemente se deba a las fitohormonas que se aplicaron, el ambiente en el que se condujo la investigación fue conducido en vivero.

En síntesis se puede afirmar, que fisiológicamente la aplicación de Extracto de *Rhizobium*, induce la formación de raíces adventicias que se originan entre los haces vasculares. La interacción *Rhizobium* depende de un complejo intercambio de señales, que se mantiene durante todo el proceso simbiótico y de las que solamente una combinación correcta permitirá una simbiosis eficiente. Estas plantas secretan flavonoides, reconocidos por bacterias compatibles y que inducen sus genes *nod*. Estos codifican las proteínas que sintetizan y exportan lipoquitooligosacáridos conocidos como factores Nod. Los factores Nod activan los procesos de infección e inician la división celular en la raíz, hasta la formación del nódulo y participan también en la fijación biológica del nitrógeno. (Nopales *et al.*, 2016)

Estas diferencias en el porcentaje de prendimiento fisiológicamente son atribuibles a la concentración y actividad de las auxinas y giberelinas en los tipos de estacas y a partir de los resultados se puede afirmar que algunos enraizadores naturales poseen auxinas como el extracto de *Rhizobium* y extracto de sauce como lo afirma (Machicado, 2007).

Rodríguez *et al.* (20014), indican que altas concentraciones de auxina o citoquininas estimulan la producción de callo y que su aspecto está relacionado al tipo de hormona utilizada durante su inducción.

En base a los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis planteada, ya que según el análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento los resultados fueron N.S.

4.8. Correlación entre variables de respuesta

Se hizo la correlación entre variables de respuesta (Tabla 36, anexo), donde se encontró que:

4.8.1. Existe correlación negativa moderada

Para DB – CPR, DB – VR, DB – ER, DB – NH y DB - AR: el número de días a la brotación no influyo en el crecimiento primario de la raíz, volumen radicular, engrosamiento de rebrote, numero de hojas y altura de rebrote. Por lo que se deduce que el número de días a la brotación no influyo en ninguna de las variables de respuesta evaluadas en la presente investigación.

4.8.2. Existe correlación positiva moderada

Para CPR – ER, CPR – NH, VR – ER y VR - NH: el crecimiento primario de la raíz y volumen radicular tuvo poca correlación positiva entre el engrosamiento de rebrote y el número de hojas, podemos indicar que a mayor enraizamiento será mayor el engrosamiento de rebrote y número de hojas.

Para ER – NH y NH - AR: el engrosamiento de rebrote tuvo poca correlación positiva en el número de hojas al igual que el número de hojas con la altura de rebrote, la influencia fue que a mayor engrosamiento de rebrote, mayor fue el número de hojas y, a mayor número de hojas mayor fue la altura de planta.

4.8.3. Existe correlación positiva alta

Para CPR – VR y CRP – AR: el crecimiento primario de la raíz tuvo correlación positiva alta en el volumen radicular y la altura de rebrote, a mayor crecimiento primario de la raíz mayor fue el volumen radicular y altura de rebrote.

Para VR – AR y ER - AR: el volumen radicular tuvo una correlación positiva alta en la altura de rebrote y esta fue influenciada por el engrosamiento de rebrote, a mayor volumen radicular, mayor fue la altura de rebrote y a mayor engrosamiento de rebrote mayor será altura de rebrote.

Los resultados obtenidos se asemejan a las afirmaciones según (sinc, La ciencia es noticia, 2015) Las plantas disponen de un sistema de coordinación eficaz entre sus órganos (hojas, tallos y hojas) que a pesar de su especialización, trabajan conjuntamente entre ellos, más de lo que se pensaba. Así lo reflejan los análisis efectuados por investigadores de la Universidad de Córdoba y el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla en cerca de 40 especies vegetales de Sierra Nevada.

Las plantas, al igual que otros seres vivos, presentan distintos órganos especializados según su función. Así, las hojas están especializadas en captar la luz, las raíces en absorber el agua y los nutrientes del suelo, y el tallo en transportarlos a las hojas. Dada la diversificación de funciones, se podría esperar que las características de los distintos órganos fueran muy diferentes.

Actualmente, en ecología vegetal existe un intenso debate sobre si estas características o atributos (llamadas rasgos funcionales) de las hojas, tallos y raíces funcionan de forma coordinada o no. La aclaración sobre este dilema aportaría luz a cómo funcionan las

plantas y así poder predecir mejor los efectos potenciales de los cambios ambientales, como aquéllos derivados del cambio climático, sobre la composición de las comunidades vegetales.

En este marco, el Área de Ecología de la Universidad de Córdoba y el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS-CSIC) han colaborado en un estudio a escala local, en Sierra Morena, donde se ha analizado la coordinación funcional de rasgos localizados en hojas, tallos y raíces en 38 especies de plantas leñosas pertenecientes a nueve comunidades vegetales seleccionadas a lo largo de un gradiente de humedad del suelo. “Por medio de este trabajo, se confirma que esta coordinación general entre órganos existe”, explica Rafael Villar, del Área de Ecología de la UCO.

Según De La Riva (2015), en su publicación de tesis doctoral, en la revista *Journal of Vegetation Science*, muestra una gran coordinación entre los rasgos funcionales de los diferentes órganos. Por ejemplo, las especies que presentaron una alta densidad en el tallo, también la mostraron a nivel de hoja y raíz.

Estos resultados apoyan la existencia de lo que se denomina un ‘espectro de economía’ a nivel de la planta entera en especies leñosas mediterráneas. Las hojas siguen este patrón. Por un lado, hay hojas finas, con un bajo peso específico, que presentan una alta concentración de nitrógeno en la hoja. Estas características se vinculan con una alta tasa de fotosíntesis.

V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se concluye:

- El menor número de días a la brotación en dos especies de cantuta fue con la aplicación del extracto de Rhizobium con 50 días, mientras que los testigos tuvieron el mayor número de días a la brotación con 78 días.
- Se logró el mayor crecimiento primario de la raíz con la aplicación del extracto de Rhizobium con 23.47 cm, mientras que los testigos fueron 15.11 cm; Se logró el mayor volumen radicular con la aplicación del extracto de Rhizobium con 23.89 cc, mientras que los testigos con 9.78 cc.
- Los mayores porcentajes de prendimiento fueron con la aplicación del extracto de Rhizobium, *Cantua tomentosa* + extracto de sauce, *Cantua tomentosa* + infusión de canela y *Cantua tomentosa* + Phyllum MaxR con 66.67%, los que menos efecto tuvieron fueron *Cantua buxifolia* + extracto de álamo y *Cantua buxifolia* + testigo con 66.67%. Se logró la mayor altura de rebrote con el extracto de Rhizobium con 18.84 cm, mientras que los testigos con 10.69 cm.

VI. RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

- Para obtener la brotación en el menor número de días, se recomienda aplicar la fitohormona natural a base de extracto de Rhizobium, extracto de sauce y el producto sintético Phyllum MaxR.
- Para poder obtener un buen enraizamiento, de manera que nos asegure la sobrevivencia en campo definitivo, se recomienda aplicar el extracto de Rhizobium.
- Para poder obtener un alto porcentaje de prendimiento se recomienda, aplicar el extracto de Rhizobium, extracto de álamo, extracto de sauce y el producto sintético Phyllum MaxR, esto para asegurar el mayor porcentaje de prendimiento.
- Realizar investigaciones en la época de propagación, recolección, tamaño y diámetro de estacas.
- Se recomienda hacer análisis del contenido de hormonas vegetales de los fitohormonas naturales (extracto de sauce, extracto de álamo, extracto de Rhizobium e infusión de canela)
- Realizar investigaciones con otras especies de cantuta en peligro de extinción *Cantua cuzcoensis* y *Cantua peryfolia*.

VII. REFERENCIAS

- Agrios G. N. (2005). Fitopatología 2da ed. LIMUSA.
- Agroforum (2018). Como fabricar el mejor enraizante natural de manera sencilla. Consultado el 10/10/2019; hora 5:40 pm. Disponible en: <https://www.agroforum.pe/agro-noticias/fabricar-mejor-enraizante-natural-de-manera-sencilla-13599/>
- Anderson R, Hurst C, Polansky M, Schmidt W, Whan A, Flanagan V. (2003). Insolation and characterization of Polyphenol type A Polymers from Cinnamon with insulin Like Biological Activity. Journal of Agricultural and Food chemistry. Consultado el 26/10/2019; hora 10:45 am. Disponible en: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/148/Danitza_Tesis_bachiller_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Azcon – Bieto J. y Talón M. (2008). Fundamentos de fisiología vegetal. Barcelona, España. Ed. McGraw-Hill Interamericana de España, S.L.
- Ballesteros I. y Peña R. (2012). Evaluación de cuatro enraizadores y tres métodos de aplicación en *Sedum acre* L., *Sedum luteoviride* R. T. Clausen, *Sedum reflexum* (L.) Grulinch y *Sedum sediforme* (Jacq) Pau. Tesis de pregrado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.
- Barcelo, A. (1987). Fisiología Vegetal. Editorial Pirámide. Barcelona – España. 439 p.
- Bidwel, R. (1979). Fisiología Vegetal. Edición A. G. T., México Df, México. 784 p.
- Bosque S. (2010). Fisiología Vegetal. Programa Global de Enseñanza aprendizaje. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia.
- Cabot P. y Perarnau S. (2004). Propagación vegetativa de especies autoctonas. Consultado el 08/12/2019; hora 9:30 am. Disponible en: http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh175/44_47.pdf
- Calle, J. (2012). Propagación vegetativa de la cantuta (*Cantua buxifolia*) con fitohormonas naturales y sintéticas en vivero Achocalla, La Paz. Tesis de Grado, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia.

- Campofert nutrición que evoluciona. Rebrote, activa el sistema radicular de su cultivo. Consultado el 13/12/2019; hora 9:30 am. Disponible en: <http://recintodelpensamiento.com/ComiteCafeteros/HojasSeguridad/Files/Fichas/FTRebrote2014912111328.pdf>
- Chalco, M. (2011). Reproducción asexual de la cantuta (*Cantua bicolor* Lem.), utilizando enraizadores naturales y sustratos. Tesis de Grado, Facultad de agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia.
- Condori, M., E. (2006). Efecto de enraizadores naturales en la propagación asexual del Arce Negundo (*Acer negundo*) en vivero, Tesis de Grado, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés., La Paz - Bolivia. Pp.
- CRODA. Micronutrientes (Nutrición vegetal). Consultado el 13/12/2019; hora 8:30 am. Disponible en: <https://www.crodacropcare.com/es-mx/discovery-zone/market-areas/micronutrients>
- De la Riva, E. G., Tosto, A., Pérez-Ramos, I. M., Navarro-Fernández, C. M., Olmo, M., Anten, N.P.R., Marañón, T., & Villar, R. (2015). ‘A plant economics spectrum in Mediterranean forests along environmental gradients: is there coordination among leaf, stem and root traits?’ *Journal of Vegetation Science*. DOI: 10.1111/jvs.12341
- Díaz Montenegro, D. (2014). Hormonas vegetales y bioreguladores para la agricultura. Hojas técnicas de Fertilab. México. 4 p. Consultado el: 19/10/2019. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-hormonas-vegetales-en-las-plantas>.
- Díaz, D. (2017). Las Hormonas Vegetales en las Plantas. Serie Nutrición Vegetal Núm. 88. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. Consultado el 14/12/2019; hora 10:00 am. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-hormonas-vegetales-en-las-plantas>
- Escobar C., Zuluaga J. y Osorio V. (2002). Manual técnicas de propagación de especies vegetales leñosas promisorias para el piedemonte de Caquetá. Programa Nacional de Agroforestería. Editorial Graficas Florencia. Florencia, Caquetá – Colombia. Pp 5-16. Consultado el 05/12/2019; hora 6:40 pm. Disponible en: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13450>

- Escobedo, I. (1972). Efecto del ácido Naftalenoacético en el enraizamiento de estacas del *Vid rupestris* DU LOT con y sin hojas. Tesis Ingeniería Agronómica. Universidad Agraria La Molina. 47 p.
- Gárate M. (2010). Técnicas de propagación de estacas. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencia Agropecuarias. Universidad Nacional de Ucayali. Disponible en: http://iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/Publicacion_1679.pdf
- Giraldo L., Rios H. y Polanco M. (2009). Efecto de dos enraizadores en tres especies forestales promisorias para la recuperación de suelos. Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA. Disponible en: http://riaa.unad.edu.co/PDF01/Giraldo_etal_enraizadores.pdf
- Goitia L. (2003). Manual de Dasonomía y Silvicultura. Facultad de agronomía. La Paz. Bolivia.
- Gutiérrez, M. (2013). Evaluación del efecto de dos enraizadores naturales en la propagación asexual de esquejes de ligustro verde (*Ligustrum lucidum*) para la producción de plantines en Cota. Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía.
- Hartmann H. y Kester D. (1997). Propagación de plantas principios y prácticas. 4° ed. Continental. México.
- Huarhua, T. (2017) Propagación Vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis incana*) con la aplicación de dos enraizadores naturales y tres tipos de sustratos en condiciones de vivero Cuajone, Torata - Moquegua. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica.
- Infoagro (2017). Tipos de sustratos de cultivo. Consultado el: 08/12/2019 hora: 1:15 pm. Consultado en: <https://mexico.infoagro.com/tipos-de-sustratos-de-cultivo/>
- Ipizia, (2011). Consideraciones generales para propagar especies forestales. Perú. Consultado el 08/12/2019; hora 8:50 am. Recuperado de: <http://www.dps.ufl.edu./hansen/asg33351/propagacionforestal>

- JORDAN C. (2007). Efecto de tres distancias entre plantas en la propagación vía asexual de dos variedades de ajuga (*Ajuga reptans*) bajo ambiente atemperado. Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia
- Jordán, M., y Casereto, J. (2006). Hormonas y Reguladores del Crecimiento. Consultado el 28/10/2019; hora 10:35 am. Disponible en: <http://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Auxinasgiberelinas.pdf>
- Landis J., O'Toole R., Ventura K., Gitzendanner M., Oppenheimer D., Soltis D. y Soltis P. (2016). The Phenotypic and Genetic Underpinnings of flower Size in Polemoniaceae. DOI: 10.3389/fpls.2015.01144.
- Las Hormonas Vegetales (2016). Consultado el 14/12/2019; hora 7:30 am. Disponible en: <http://lashormonasvegetales.blogspot.com/2016/05/que-son.html>
- León B. (2006). Polemoniáceae endémicas del Perú. Pp. Consultado el 07/12/2019; hora 10: 23 am. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332006009
- Lima, E., De Souza, G., Dos Santos, A., Dos Santos, J. (2010). Manual de fisiología vegetal. Editorial EDUFMA. Sao Luis.
- Linares E. (2008). Selección de especies adecuadas para forestar y reforestar la ciudad de Arequipa. Consultado el 06/12/2019; hora 12:24 pm. Disponible en: http://www.programapd.pe/concursoarequipa/info/Especies_adequadas_para_forestar_Arequipa.pdf
- Lira R. (2007). Fisiología Vegetal. Consultado el 05/12/2019; hora 3:00 pm. Disponible en: http://calameo-download.tinytools.com/pages.php?doc_id=005884322c80d48.
- López – Lara M. I. (2000). Rhizobium y su destacada simbiosis con las leguminosas. Centro de Investigación sobre fijación de Nitrógeno. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Machicado B., J. (2007). Propagación del Achiote (*Bixa Orellana* L.) con la aplicación de tres enraizadores a diferentes tipos de estacas en Alto Beni. Tesis de Grado, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia, 12 p.
- Mamani E. (2011). Materia orgánica y producción de abonos orgánico para la agricultura ecológica. Puno. Perú. Editorial UNA Puno.

- Márquez S. (2017). Efecto de tres enraizadores y dos tipos de sustratos en estacas de rosa (*Rosa sp*) del patrón natal brier en condiciones de vivero en el instituto de educación rural San Salvador, Calca, Cusco. Tesis Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. Moquegua – Perú. Disponible en: http://notas.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/ujcm/211/Samuel_Tesis_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Medina, Y. (2016). Evaluación de sustancias endógenas promotoras del enraizamiento presentes en *Salix chiliensis* Molina mediante bioensayos en *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek y *Rubis ulmifolius* Schott. Tesis de grado para optar el título profesional de Biólogo. Arequipa – Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Ciencias Biológicas. 63 p.
- Melgarejo, L. (2010). Experimentos en fisiología vegetal. Colombia: Charlie's impresores Ltda.
- Miranda L. (2016). Propagación asexual del eucalipto (*Eucalyptos viminalis*) con enraizador natural (agua de coco), en la cámara de sub-irrigación en el centro experimental de Cota. Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Monfils A. y Prather L. (2004). The conserved nature and taxonomic utility of pollen morphology in *Cantuta* (Polemoniaceae). Grana, 43:4,249-256, DOI: 10.1080/00173130410016760.
- Morales E. (2018). Proyecto de ley N° 3376/2018-CR. Consultado el 07/12/2019; hora 11:23 am. Disponible en: http://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016_2021/Proyectos_de_Ley_y_de_Resoluciones_Legislativas/PL0337620180914.pdf
- Moreno S. (2017). Extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de aje escabeche (*Capsicum baccatum var. pendulum*) bajo condiciones de Cañete. Tesis de Grado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
- Naturaleza interior. Cuidando nuestro medio ambiente y la vida. Consultado el 14/12/2019; hora 6:51 am. Disponible en:

<http://www.naturalezainterior.org.pe/index.php/mundo-forestal/item/447-la-flor-sagrada-de-los-incas-la-flor-nacional-del-peru>

- Nogales, A. (2004). Estrategias de conservación y redoblamiento de los recursos genéticos de *Cedrela lilloe*, ecotipo. Cochabamba, Bolivia. 95 p.
- Nopales M., Cabrera J., Onderwater R., Wattiez R., Hernandez L., Martinez L. y Nuñez M. (2016). Señales producidas por *Rhizobium leguminosarum* en la interacción con frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). DOI:10.13140/RG.2.1.4466.8405
- Ortiz C. (2014). Evaluación de tres enraizadores orgánicos y ácido indolacético (AIA) en esquejes de aguaymanto (*Physalis peruviana* Linnaeus) en Lircay – Angaraes. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela profesional de Agronomía. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú.
- Ortiz L., Suarez J. y Chaves G. (2017). Respuesta en el desarrollo radicular de *Arabidopsis thaliana* al extracto de foliar de *Moringa oleífera*. Consultado el 05/12/2019; hora: 3:00 pm. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v11n1/2011-2173-rcch-11-01-00193.pdf>. DOI: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.6131>
- Osuna H., Osuna A. y Fierro A. (2016). Manual de propagación de plantas superiores. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Consultado el 05/12/2019; hora 8:27 pm. Disponible en: http://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual_plantas.pdf
- Pérez N., Martínez J. y Lindig R. (2019). Manual de prácticas de propagación de especies nativas. Consultado el 07/12/2019; hora 10:02 pm. Disponible en: http://www.librosoa.unam.mx/bitstream/handle/123456789/1212/Manual_de_praticas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pina J. (2008). Propagación de plantas. Valencia. España 1ra. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. 183 p.
- Pizarro G. (2017). Efecto de la fitohormona Rootone (AIB) y dos enraizadores naturales en estacas de granado (*Punica granatum* L.) en el distrito de Pacariacoto. Tesis de grado. Escuela Profesional de Agronomía. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz. Perú.

- Porco F. y Terrazas J. (2009). Producción de plantas en vivero. Flores forestales, frutales y aromáticos. La Paz – Bolivia. 28 p.
- Porta H. y Jiménez – Nopala G. (2019). Papel de las hormonas vegetales en regulación de la autofagia en plantas. DOI: 10.22201/fesz.23958723e.2018.0.160
- Puente, L. (2008). Validación clonal de plantas madres promisorias de *Myrciaria dubia* (HBK. Mc. Vaugh) “camu arbustivo” en cámaras de sub irrigación en Ucayali. Tesis de pregrado. Facultad de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú.
- Quintana C. y Hornes J. (2018). Evaluación del efecto antiinflamatorio del extracto hidroalcohólico de las flores de la *Cantua buxifolia J.* “Flor sagrada de los incas” en edema subplantar inducido en ratas albinas. Tesis Químico Farmacéutico. Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima – Perú. pp 11-14. Recuperado de web (05/12/2019; hora 4:12 pm). Disponible en:
http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/3335/TESIS_QUINTANA%20BLAS,%20CINTHYA%20PAOLA%20%20HORNES%20SALINAS,%20JORDAN%20FABIAN.pdf?sequence=3
- Quispe, L. (2018). Efecto de las hormonas de enraizamiento en esquejes de álamo (*Populus deltoides*) bajo riego por capilaridad. Revista. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz. Bolivia. 1012 p.
- Rodríguez M., Latsague M., Chacon M. y Astorga O. (2014). Inducción invitro de collogénesis y organogénesis indirecta a partir de explantes de cotiledón, hipocotílo y hoja en *Ugni molinae*. Consultado el 06/12/2019; hora 9:15 am. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v35n1/art11.pdf>. DOI: 10.4067/S0717-92002014000100011
- Rojas G, & Homero R. (1990). Control hormonal del desarrollo de las plantas. Grupo Noriega Editores. II edición. México, España, Venezuela, Argentina, Colombia, Puerto Rico. 261 p.
- Rojas P., F. (2003). Botánica sistemática. Facultad de agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. Pp 27 – 502.

- Roura E. (2000). Alternativas a los promotores de crecimiento antibióticos en producción porcina. División Zootecnia. Consultado el 04/10/2018; hora 9:45 am. Disponible en: http://www.lucta.com/publicaciones/TP_Roura_2000_AlternativasAGP_Spanish.pdf
- Saavedra, G. (2008). Estructuras Hormonales Vegetales. Revista científica N° 21. Año 2011. Departamento de Suelos y Recursos Naturales. Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción. Concepción – Chile.
- Salaverry O. y Cabrera J. (2014). Florística de algunas plantas medicinales. Consultado el 07/12/2019; hora 6:35 am. Recuperado de: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v31n1/a25v31n1.pdf>. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01244
- Salisbury F. y Ross W. (2000). Fisiología de plantas. Madrid, España. Editorial Paraninfo
- Santillana N., Arellano C. y Zúñiga D. (2005). Capacidad del Rhizobium de promover el crecimiento en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller). DOI: 10.21704/rea.v4i1-2.297
- Sepúlveda S. (2004). Efecto de diferentes dosis de AIB y fecha de recolección sobre la propagación de estacas semileñosas basales y apicales de olivo (*Olea europea* L.) de la variedad empeltre. Tesis de pregrado. Facultad de ciencias agropecuarias y forestales. Universidad Católica de Temuco. Chile.
- sinc, La ciencia es noticia (2015). Las raíces, tallos y hojas de las plantas se coordinan. Consultado el 09/01/2020; hora 9:20 am. Revisado en: <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Las-raices-tallos-y-hojas-de-las-plantas-se-coordinan>
- Sisaro, D. y Hagiwara, J. (2016). Propagación por medio de estacas de tallo. Hurlingham, Buenos Aires. Ediciones INTA. España. 6 p.
- Solano, M. (2017). Identificación y descripción de especies de gimnosperma y angiosperma. Puno - Perú. 80 p.
- Toogood, A. (2000). Enciclopedia de la propagación de plantas. Royal Horticultural Society. Ed. Blume. Barcelona. Consultado el 08/12/2019; hora 7:45 am.

Recuperado de: <https://casamatycuenca.files.wordpress.com/.../manual-reproduccion3b3n-ypropagacion>

- Urbina V. (2005). Propagación de los frutales. Editorial Paperkite. Consultado el 07/12/2019; hora 3:30 pm. Disponible de: <http://ocw.udl.cat/enginyeria-i-arquitectura/fructicultura/continguts-1/1-7/n.o-7-monografias-de-fructicultura-v.-urbina-web-udl>
- Vallejos G. (2008). Efecto de longitudes de estacas y niveles de área foliar en el enraizamiento de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en cámaras de subirrigación. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto. Perú.
- Van den Heade y Lecourt (1981). El estaquillado: Guía práctica de multiplicación de las plantas. Editorial Mundi Prensa Libros. España. Consultado el 15/11/2019; hora 10:34 am. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=216812>
- Vega – Caledon P., Canchignia H., Gonzales M. y Seeger M. (2016). Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacterias. Scielo. Volumen 37. Consultado el 15/12/2019; hora 11:34 pm. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-5936201600050005
- Verde R., Oriental A., Karunakaran R., Downi J. y Poole P. (2019). Análisis transcriptómico de bacteroides *Rhizobium leguminosarum* en nódulos determinados e indeterminados. Consultado el 14/12/2019; hora 6:30 pm. Revisado en: <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000254>
- Weaver D. (1989). Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura: interacción de las hormonas. Chapingo - México. 137 p.
- Yoshimoto, K., Jikumaru, Y., Kamiya, Y., Kusano, M., Consonni, C., Panstruga, R., & Ohsumi, Y., Shirasu. K. (2009). Autophagy Negatively Regulates Cell Death by Controlling NPR1- Dependent Salicylic Acid Signaling during Senescence and the Innate Immune Response in Arabidopsis. DOI:10.1105/tpc.109.068635.

ANEXOS

Tabla 20. Análisis de varianza de días a la brotación de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Especie	1	186.77778	186.77778	1.81	4.26	7.82	N.S.
Fitohormona	5	3255.3333	651.06667	6.32	2.62	3.90	**
Especie x Fitohormona	5	345.88889	69.177778	0.67	2.62	3.90	N.S.
Error experimental	24	2472	103				
Total	35	6260					

C.V. = 16.46% \bar{X} = 61.67**Tabla 21.** Análisis de varianza para número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio)

F.V.	G. L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Especie	1	20.2800111	20.2800111	2.16	4.26	7.82	N.S.
Fitohormona	5	250.052067	50.0104133	5.32	2.62	3.90	**
Especie x fitohormona	5	148.642989	29.7285978	3.16	2.62	3.90	*
Error	24	225.782333	9.4075972				
Total	35	644.7574					

C.V. = 29.82% \bar{X} = 10.29**Tabla 22.** Análisis de varianza de efectos simples para combinación especie x fitohormona en número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio)

F.V.	G. L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
<i>Cantua buxifolia</i> en fitohormona	5	113.765094	22.753019	2.42	2.62	3.90	NS
<i>Cantua tomentosa</i> en fitohormona	5	284.929961	56.985992	6.06	2.62	3.90	**
Extracto de álamo en especie	1	16.666667	16.666667	1.77	4.26	7.82	N.S.
Extracto de sauce en especie	1	80.740017	80.740017	8.58	4.26	7.82	**
Infusión de canela en especie	1	34.224817	34.224817	3.64	4.26	7.82	N.S.
Phyllum MaxR en especie	1	28.166667	28.166667	2.99	4.26	7.82	N.S.
Extracto de Rhizobium en especie	1	0.170017	0.170017	0.02	4.26	7.82	N.S.
Testigo en especie	1	8.954817	8.954817	0.95	4.26	7.82	N.S.
Error experimental	24	225.782333	9.4075972				

Tabla 23. Análisis de varianza para número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (intermedio)

F.V.	G. L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Especie	1	42.9243361	42.9243361	2.69	4.26	7.82	N.S.
Fitohormona	5	277.084092	55.4168183	3.48	2.62	3.90	*
Especie x fitohormona	5	92.8827806	18.5765561	1.17	2.62	3.90	N.S.
Error	24	382.613467	15.9422278				
Total	35	795.504675					

C.V. = 18.43% \bar{X} = 21.67

Tabla 24. Análisis de varianza para número de hojas/estaca en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (final)

F.V.	G. L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Especie	1	26.1461778	26.1461778	1.05	4.26	7.82	N.S.
Fitohormona	5	424.854856	84.9709711	3.41	2.62	3.90	*
Especie x fitohormona	5	36.8279556	7.3655911	0.3	2.62	3.90	N.S.
Error	24	597.2446	24.885192				
Total	35	1085.07359					

C.V. = 15.30% \bar{X} = 30.61

Tabla 25. Análisis de varianza del engrosamiento del rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio)

F.V.	G. L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Especie	1	0.00173611	0.00173611	0.6	4.26	7.82	NS
Fitohormona	5	0.033925	0.006785	2.34	2.62	3.90	NS
Especie x fitohormona	5	0.00474722	0.00094944	0.33	2.62	3.90	NS
Error	24	0.06966667	0.00290278				
Total	35	0.110075					

C.V. = 38.26% \bar{X} = 0.14

Tabla 26. Análisis de varianza para el engrosamiento del rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (intermedio)

F.V.	G. L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Especie	1	0.00017778	0.00017778	0.04	4.26	7.82	NS
Fitohormona	5	0.01625556	0.00325111	0.7	2.62	3.90	NS
Especie x fitohormona	5	0.00718889	0.00143778	0.31	2.62	3.90	NS
Error	24	0.11186667	0.00466111				
Total	35	0.13548889					

C.V. = 33.39 % \bar{X} = 0.20

Tabla 27. Análisis de varianza para el engrosamiento del rebrote de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (final)

F.V.	G. L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Especie	1	0.001225	0.001225	4.74	4.74	7.82	N.S.
Fitohormona	5	0.02695833	0.00539167	20.87	20.87	3.90	**
Especie x fitohormona	5	0.00449167	0.00089833	3.48	3.48	3.90	**
Error	24	0.0062	0.00025833				
Total	35	0.038875					

C.V. = 4.41 % \bar{X} = 0.36**Tabla 28.** Análisis de varianza de efectos simples para la combinación especie x fitohormona, en el engrosamiento del rebrote de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales (final)

F.V.	G. L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
<i>Cantua buxifolia</i> en							
Fitohormona	5	0.022383	0.004477	17.33	2.62	3.90	**
<i>Cantua tomentosa</i> en							
Fitohormona	5	0.009067	0.001813	7.02	2.62	3.90	**
Extracto de álamo en							
Especie	1	0.002817	0.002817	10.9	4.26	7.82	**
Extracto de sauce en							
Especie	1	0.000066667	0.000066667	0.26	4.26	7.82	N.S.
Infusión de canela en							
especie	1	0.00015	0.00015	0.58	4.26	7.82	N.S.
Phyllum MaxR en							
especie	1	0.000016667	0.000016667	0.06	4.26	7.82	N.S.
Extracto de							
Rhizobium en especie	1	0.000267	0.000267	1.03	4.26	7.82	N.S.
Testigo en especie	1	0.0024	0.0024	9.29	4.26	7.82	**
Error experimental	24	0.0062	0.00025833				

Tabla 29. Análisis de varianza para altura de rebrote (cm), de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (inicio)

F.V.	G. L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Especie	1	0.79506944	0.79506944	2.05	4.26	7.82	N.S.
Fitohormona	5	11.9422917	2.38845833	6.17	2.62	3.90	**
Especie x fitohormona	5	3.03784722	0.60756944	1.57	2.62	3.90	N.S.
Error	24	9.29666667	0.38736111				
Total	35	25.071875					

C.V. = 26.25 % \bar{X} = 2.37

Tabla 30. Análisis de varianza para altura de rebrote (cm), de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (intermedio)

F.V.	G. L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Especie	1	3.4225	3.4225	2.94	4.26	7.82	N.S.
Fitohormona	5	106.5125	21.3025	18.29	2.62	3.90	**
Especie x fitohormona	5	13.2158333	2.6431667	2.27	2.62	3.90	N.S.
Error	24	27.9516667	1.1646528				
Total	35	151.1025					

C.V. = 11.23 % \bar{X} = 9.61

Tabla 31. Análisis de varianza para altura de rebrote (cm), de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético (final)

F.V.	G. L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Especie	1	1.5211111	1.5211111	1.38	4.26	7.82	N.S.
Fitohormona	5	203.508889	40.7017778	36.82	2.62	3.90	**
Especie x fitohormona	5	8.7980556	1.7596111	1.59	2.62	3.90	N.S.
Error	24	26.5266667	1.1052778				
Total	35	240.354722					

C.V. = 6.96 % \bar{X} = 15.10

Tabla 32. Análisis de varianza de crecimiento primario de la raíz (cm) de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Especie	1	0.0053778	0.0053778	0	4.26	7.82	N.S.
Fitohormona	5	279.4518	55.89036	40.68	2.62	3.90	**
Especie x fitohormona	5	18.687489	3.7374978	2.72	2.62	3.90	*
Error	24	32.974333	1.3739306				
Total	35	331.119					

C.V. = 6.4% \bar{X} = 18.12

Tabla 33. Análisis de varianza de efectos simples para combinación especie x fitohormona para crecimiento primario de la raíz (cm) de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
<i>Cantua buxifolia</i> en fitohormona	5	108.492178	21.698436	15.79	2.62	3.90	**
<i>Cantua tomentosa</i> en fitohormona	5	189.647111	37.929422	27.61	2.62	3.90	**
Extracto de álamo en especie	1	0.828817	0.828817	0.6	4.26	7.82	N.S.
Extracto de sauce en especie	1	5.782017	5.782017	4.21	4.26	7.82	N.S.
Infusión de canela en especie	1	0.6144	0.6144	0.45	4.26	7.82	N.S.
Phyllum MaxR en especie	1	0.71415	0.71415	0.52	4.26	7.82	N.S.
Extracto de Rhizobium en especie	1	10.746817	10.746817	7.82	4.26	7.82	*
Testigo en especie	1	0.006667	0.006667	0	4.26	7.82	N.S.
Error experimental	24	32.9743333	1.3739306				

Tabla 34. Análisis de varianza de volumen radicular (cc) de estacas en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Especie	1	2.2450028	2.2450028	0.62	4.26	7.82	N.S.
Fitohormona	5	770.41108	154.08222	42.69	2.62	3.90	**
Especie x fitohormona	5	28.526881	5.7053761	1.58	2.62	3.90	N.S.
Error	24	86.6254	3.6093917				
Total	35	887.80836					

C.V. = 13.68% \bar{X} = 13.79

Tabla 35. Análisis de varianza de prendimiento de estacas (%), en dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

F.V.	G. L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Especie	1	49.030635	49.030635	1.9	4.26	7.82	N.S.
Fitohormona	5	127.2712	25.454241	0.98	2.62	3.90	N.S.
Especie x fitohormona	5	14.990536	2.9981072	0.12	2.62	3.90	N.S.
Error	24	620.63172	25.859655				
Total	35	811.92409					

C.V. = 9.72% \bar{X} = 52.34

Tabla 36. Correlación entre las variables de respuesta evaluadas en la investigación

Coeficientes de correlación Pearson, N = 36						
Prob > r suponiendo H0: Rho=0						
	DB	CPR	VR	ER	NH	AR
DB		-0.60	-0.42	-0.47	-0.65	-0.63
CPR	**		0.76	0.63	0.65	0.73
VR	**	***		0.58	0.47	0.75
ER	**	***	***		0.41	0.78
NH	***	***	**	***		0.55
AR	***	***	***	***	***	

DB: días a la brotación; CPR: crecimiento primario de la raíz; VR: volumen radicular;
ER: engrosamiento de rebrote; NH: número de hojas; AR: altura de rebrote.

* no significativo: ** significativo: *** altamente significativo

 Correlación negativa moderada

 Correlación positiva moderada

 Correlación positiva alta

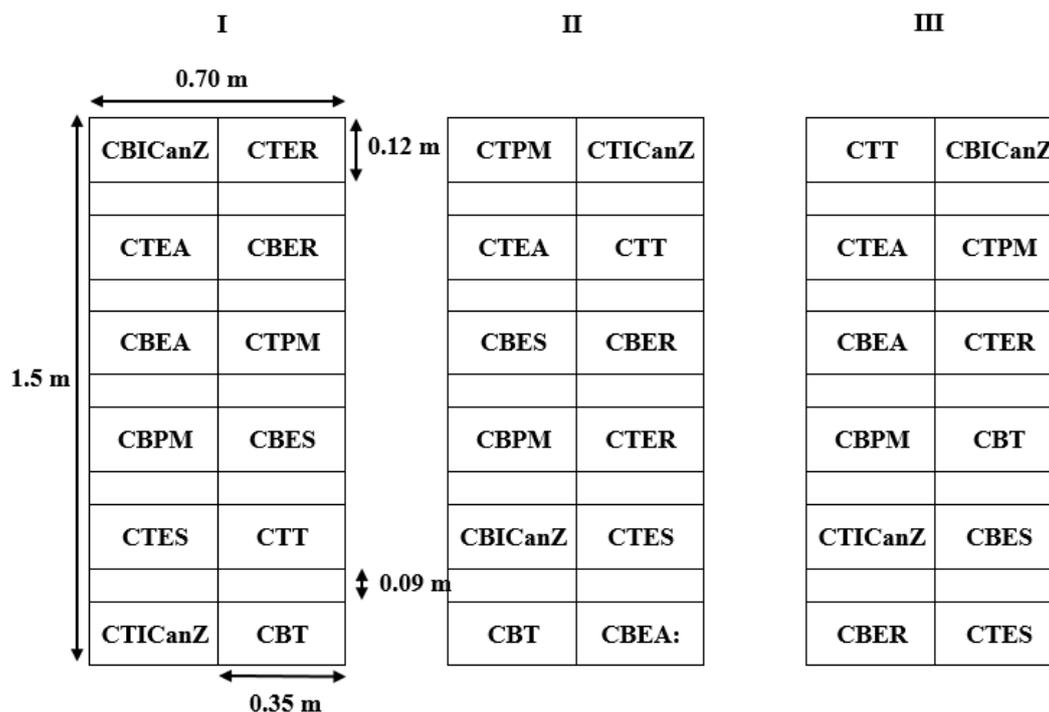


Figura 22. Croquis de instalación del proyecto de investigación.

Levenda

- CBES: *Cantua buxifolia* + extracto de sauce
- CBEA: *Cantua buxifolia* + extracto de álamo
- CBICanZ: *Cantua buxifolia* + infusión de canela
- CBER: *Cantua buxifolia* + extracto de Rhizobium
- CBPM: *Cantua buxifolia* + Phyllum MaxR
- CBT: *Cantua buxifolia* + testigo
- CTES: *Cantua tomentosa* + extracto de sauce
- CTEA: *Cantua tomentosa* + extracto de álamo
- CTICanZ: *Cantua tomentosa* + infusión de canela
- CTER: *Cantua tomentosa* + extracto de Rhizobium
- CTPM: *Cantua tomentosa* + Phyllum MaxR
- CTT: *Cantua tomentosa* + testigo

Tabla 37. Temperatura (°C) de los meses que duró la investigación (marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre)

Mes día	Marzo			Abril			Mayo			Junio			Julio			Agosto			Septiembre		
	T° Max.	T° Min.	T° Med.	T° Max.	T° Min.	T° Med.	T° Max.	T° Min.	T° Med.	T° Max.	T° Min.	T° Med.	T° Max.	T° Min.	T° Med.	T° Max.	T° Min.	T° Med.	T° Max.	T° Min.	T° Med.
1	27.0	9.0	18.0	28.0	11.0	19.5	29.0	9.0	19.0	29.0	9.0	19.0	29.0	8.0	18.5	29.0	8.0	18.5	29.0	9.0	19.0
2	29.0	10.0	19.5	27.0	9.0	18.0	27.0	9.0	18.0	29.0	8.0	18.5	28.0	8.0	18.0	28.0	9.0	18.5	28.0	9.0	18.5
3	28.0	9.0	18.5	27.0	10.0	18.5	29.0	9.0	19.0	27.0	7.0	17.0	29.0	7.0	18.0	27.0	9.0	18.0	27.0	10.0	18.5
4	29.0	9.0	19.0	28.0	9.0	18.5	27.0	11.0	19.0	30.0	9.0	19.5	28.0	9.0	18.5	30.0	9.0	19.5	29.0	10.0	19.5
5	28.0	10.0	19.0	29.0	9.0	19.0	29.0	10.0	19.5	29.0	8.0	18.5	29.0	8.0	18.5	31.0	9.0	20.0	30.0	11.0	20.5
6	30.0	10.0	20.0	29.0	10.0	19.5	28.0	10.0	19.0	27.0	7.0	17.0	29.0	9.0	19.0	39.0	8.0	23.5	29.0	9.0	19.0
7	27.0	10.0	18.5	28.0	10.0	19.0	28.0	9.0	18.5	27.0	8.0	17.5	31.0	8.0	19.5	29.0	7.0	18.0	28.0	10.0	19.0
8	29.0	9.0	19.0	27.0	9.0	18.0	30.0	10.0	20.0	28.0	8.0	18.0	30.0	7.0	18.5	28.0	8.0	18.0	30.0	11.0	20.5
9	30.0	10.0	20.0	29.0	9.0	19.0	29.0	9.0	19.0	29.0	7.0	18.0	29.0	8.0	18.5	28.0	7.0	17.5	31.0	9.0	20.0
10	28.0	9.0	18.5	27.0	9.0	18.0	28.0	11.0	19.5	30.0	8.0	19.0	30.0	7.0	18.5	29.0	8.0	18.5	29.0	10.0	19.5
11	29.0	9.0	19.0	28.0	10.0	19.0	27.0	10.0	18.5	28.0	8.0	18.0	29.0	7.0	18.0	28.0	10.0	19.0	27.0	8.0	17.5
12	28.0	10.0	19.0	28.0	10.0	19.0	29.0	9.0	19.0	28.0	8.0	18.0	28.0	8.0	18.0	29.0	9.0	19.0	29.0	9.0	19.0
13	28.0	9.0	18.5	28.0	11.0	19.5	27.0	9.0	18.0	27.0	8.0	17.5	30.0	8.0	19.0	29.0	8.0	18.5	27.0	9.0	18.0
14	29.0	10.0	19.5	28.0	10.0	19.0	28.0	8.0	18.0	28.0	8.0	18.0	30.0	7.0	18.5	28.0	9.0	18.5	30.0	10.0	20.0
15	30.0	9.0	19.5	27.0	10.0	18.5	29.0	9.0	19.0	29.0	7.0	18.0	29.0	8.0	18.5	27.0	10.0	18.5	29.0	10.0	19.5
16	28.0	9.0	18.5	26.0	9.0	17.5	27.0	9.0	18.0	29.0	8.0	18.5	29.0	7.0	18.0	28.0	8.0	18.0	28.0	9.0	18.5
17	27.0	9.0	18.0	26.0	9.0	17.5	27.0	8.0	17.5	29.0	9.0	19.0	28.0	7.0	17.5	30.0	9.0	19.5	30.0	10.0	20.0
18	28.0	11.0	19.5	28.0	9.0	18.5	28.0	9.0	18.5	30.0	8.0	19.0	29.0	10.0	19.5	29.0	10.0	19.5	27.0	9.0	18.0
19	29.0	10.0	19.5	29.0	11.0	20.0	30.0	9.0	19.5	29.0	9.0	19.0	30.0	9.0	19.5	28.0	9.0	18.5	28.0	10.0	19.0
20	27.0	9.0	18.0	27.0	11.0	19.0	27.0	9.0	18.0	28.0	8.0	18.0	28.0	10.0	19.0	29.0	8.0	18.5	28.0	8.0	18.0
21	28.0	11.0	19.5	30.0	10.0	20.0	28.0	10.0	19.0	29.0	7.0	18.0	29.0	8.0	18.5	29.0	8.0	18.5	29.0	10.0	19.5
22	28.0	10.0	19.0	29.0	9.0	19.0	29.0	9.0	19.0	27.0	9.0	18.0	30.0	9.0	19.5	30.0	9.0	19.5	28.0	10.0	19.0

23	29.0	10.0	19.5	28.0	9.0	18.5	27.0	10.0	18.5	28.0	8.0	18.0	27.0	7.0	17.0	30.0	8.0	19.0	29.0	10.0	19.5
24	30.0	10.0	20.0	27.0	10.0	18.5	28.0	9.0	18.5	29.0	9.0	19.0	29.0	8.0	18.5	29.0	10.0	19.5	29.0	10.0	19.5
25	31.0	9.0	20.0	28.0	11.0	19.5	29.0	8.0	18.5	28.0	9.0	18.5	28.0	8.0	18.0	31.0	11.0	21.0	28.0	11.0	19.5
26	28.0	10.0	19.0	29.0	9.0	19.0	25.0	8.0	16.5	27.0	7.0	17.0	28.0	7.0	17.5	27.0	9.0	18.0	27.0	10.0	18.5
27	29.0	9.0	19.0	27.0	9.0	18.0	28.0	9.0	18.5	28.0	8.0	18.0	29.0	9.0	19.0	29.0	8.0	18.5	26.0	11.0	18.5
28	27.0	9.0	18.0	28.0	10.0	19.0	28.0	7.0	17.5	28.0	8.0	18.0	27.0	9.0	18.0	26.0	10.0	18.0	29.0	10.0	19.5
29	29.0	10.0	19.5	27.0	11.0	19.0	30.0	8.0	19.0	28.0	8.0	18.0	28.0	9.0	18.5	26.0	9.0	17.5			
30	28.0	9.0	18.5	28.0	10.0	19.0	29.0	9.0	19.0	29.0	8.0	18.5	29.0	10.0	19.5	27.0	9.0	18.0			
31	28.0	9.0	18.5				30.0	9.0	19.5				30.0	9.0	19.5	28.0	10.0	19.0			
Prom.	28.5	9.5	19.0	27.8	9.8	18.8	28.2	9.1	18.6	28.4	8.0	18.2	28.9	8.2	18.5	28.9	8.8	18.8	28.5	9.7	19.1

Tabla 38. Días a la brotación de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético

Especie	Código	Fitohormona	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Suma	Prom
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	49	49	56	154	51.33
	CBEA	Extracto de álamo	56	77	49	182	60.67
	CBICanZ	Infusión de canela	53	77	58	188	62.67
	CBER	Extracto de Rhizobium	49	49	56	154	51.33
	CBPM	Phyllum MaxR	58	49	56	163	54.33
	CBT	Testigo	63	77	88	228	76.00
<i>Cantua tomentosa</i>	CTES	Extracto de sauce	49	63	49	161	53.67
	CTEA	Extracto de álamo	77	58	92	227	75.67
	CTICanZ	Infusión de canela	77	49	56	182	60.67
	CTER	Extracto de Rhizobium	49	49	49	147	49.00
	CTPM	Phyllum MaxR	58	63	71	192	64.00
	CTT	Testigo	77	77	88	242	80.67

Tabla 39. Número de hojas de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

Especie	Código	Fitohormona	Repetición I												
			20/04.	27/04.	04/05.	11/05.	18/05.	25/05.	01/06.	08/06.	15/06.	22/06.	29/06.	06/07.	13/07.
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	0.00	0.00	5.00	8.00	11.33	9.00	13.00	18.00	16.67	16.67	17.33	17.33	18.00
	CBEA	Extracto de álamo	0.00	0.00	0.00	0.00	5.33	7.33	8.33	9.33	11.00	13.33	13.33	13.67	15.33
	CBICanZ	Infusión de canela	0.00	5.00	6.67	10.33	14.33	13.00	14.00	14.33	14.00	11.00	15.33	16.00	18.00
	CBER	Extracto de Rhizobium	5.00	9.00	10.67	9.00	10.67	12.33	14.00	15.67	19.00	23.67	32.00	21.00	17.33
	CBPM	Phyllum MaxR	0.00	0.00	6.50	6.33	9.00	11.33	12.33	13.00	13.00	10.00	15.67	18.00	20.00
	CBT	Testigo	0.00	0.00	0.00	4.50	5.67	8.00	8.67	13.00	13.00	9.33	11.67	13.33	12.33
	CTES	Extracto de sauce	0.00	0.00	0.00	8.00	14.67	15.67	12.33	16.67	16.00	17.67	18.67	17.33	18.67
<i>Cantua tomentosa</i>	CTEA	Extracto de álamo	0.00	0.00	5.00	6.00	11.33	13.33	14.00	9.00	13.00	13.33	16.00	16.33	16.67
	CTICanZ	Infusión de canela	0.00	0.00	5.00	5.00	21.33	16.00	16.00	15.67	17.67	19.33	22.00	21.00	23.33
	CTER	Extracto de Rhizobium	0.00	6.00	9.00	10.00	12.00	10.00	12.33	15.00	16.67	18.33	17.00	16.00	17.00
	CTPM	Phyllum MaxR	0.00	7.00	7.00	8.67	9.00	7.67	10.00	12.67	13.67	13.00	16.00	17.33	20.33
	CTT	Testigo	0.00	4.00	7.67	8.33	7.00	10.00	11.00	11.67	12.67	13.33	15.67	19.33	19.67

Especie	Código	Fitohormona	Fecha										
			20/07.	27/07.	03/08.	10/08.	17/08.	24/08.	31/08.	07/09.	14/09.	21/09.	28/09.
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	19.33	23.00	27.33	27.00	26.33	28.67	30.33	34.00	35.67	35.67	38.33
	CBEA	Extracto de álamo	17.00	21.00	25.00	28.67	32.67	33.00	30.33	33.00	34.33	36.00	38.67
	CBICanZ	Infusión de canela	23.00	25.67	28.67	31.67	35.00	39.00	44.00	44.67	46.33	45.67	44.33
	CBER	Extracto de Rhizobium	24.67	23.33	26.00	30.33	37.33	37.33	40.00	42.33	44.33	45.33	46.33
	CBPM	Phyllum MaxR	21.33	23.33	25.33	23.67	24.67	25.67	27.33	28.33	29.67	30.33	31.33
	CBT	Testigo	14.00	13.67	16.00	23.33	25.67	25.33	27.33	29.33	30.00	30.00	32.33
	CTES	Extracto de sauce	15.00	22.00	23.33	28.00	32.33	30.67	33.00	34.67	34.00	36.00	38.67
<i>Cantua tomentosa</i>	CTEA	Extracto de álamo	16.67	17.00	18.00	23.00	25.67	26.67	24.00	26.00	24.67	27.00	32.00
	CTICanZ	Infusión de canela	22.00	25.00	26.00	23.00	23.00	20.00	25.00	27.00	27.67	29.67	28.67
	CTER	Extracto de Rhizobium	17.33	18.00	18.67	24.33	30.33	33.67	36.67	43.33	43.33	43.33	44.33
	CTPM	Phyllum MaxR	21.67	23.00	21.67	14.67	29.67	24.33	23.33	33.00	32.33	36.00	36.00
	CTT	Testigo	21.00	22.67	25.33	27.33	21.00	26.33	26.67	30.00	29.67	30.33	30.00

Especie	Código	Fito hormona	Suma	Promedio
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	476.00	19.83
	CBEA	Extracto de álamo	413.33	17.22
	CBICanZ	Infusión de canela	560.00	23.33
	CBER	Extracto de Rhizobium	596.67	24.86
	CBPM	Phyllum MaxR	426.17	17.76
	CBT	Testigo	366.50	15.27
<i>Cantua tomentosa</i>	CTES	Extracto de sauce	483.33	20.14
	CTEA	Extracto de álamo	394.67	16.44
	CTICanZ	Infusión de canela	459.33	19.14
	CTER	Extracto de Rhizobium	512.67	21.36
	CTPM	Phyllum MaxR	438.00	18.25
	CTT	Testigo	430.67	17.94

Tabla 40. Número de hojas de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

Repetición II

Especie	Código	Fitohormona	Fecha											
			20/04.	27/04.	04/05.	11/05.	18/05.	25/05.	01/06.	08/06.	15/06.	22/06.	29/06.	06/07.
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	0.00	6.00	8.67	9.33	10.67	11.33	11.00	13.33	12.67	13.67	13.00	14.33
	CBEA	Extracto de álamo	0.00	0.00	0.00	4.00	5.33	5.33	8.00	9.67	10.00	11.67	12.67	15.00
	CBICanZ	Infusión de canela	0.00	0.00	0.00	3.00	5.00	4.67	7.67	8.33	10.67	14.00	12.33	13.67
	CBER	Extracto de Rhizobium	3.00	5.33	4.00	6.33	8.33	11.00	12.33	14.00	16.67	13.33	15.33	16.00
	CBPM	Phyllium MaxR	4.00	4.67	5.67	10.00	12.00	14.33	14.33	14.33	16.33	14.00	15.67	16.00
	CBT	Testigo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.33	7.33	9.00	9.00	10.33	10.33	12.33
	CTES	Extracto de sauce	0.00	0.00	6.67	9.67	13.33	13.67	15.00	14.33	17.00	19.33	22.67	22.00
	CTEA	Extracto de álamo	0.00	0.00	0.00	5.00	6.67	7.33	8.67	9.33	10.67	11.33	13.33	13.67
	CTICanZ	Infusión de canela	5.00	6.00	8.50	7.67	7.33	11.00	11.67	13.00	13.33	14.33	15.67	18.00
	CTER	Extracto de Rhizobium	3.00	6.00	8.67	10.67	13.67	14.67	14.00	15.00	16.67	18.33	17.00	16.00
<i>Cantua tomentosa</i>	CTPM	Phyllium MaxR	0.00	3.50	6.00	8.00	9.33	8.33	8.00	11.00	10.33	11.00	14.00	15.00
	CTT	Testigo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	6.00	6.67	6.00	6.67	7.67	8.67

Especie	Código	Fitohormona	Fecha									
			13/07.	20/07.	27/07.	03/08.	10/08.	17/08.	24/08.	31/08.	07/09.	14/09.
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	17.33	19.33	21.00	22.00	23.67	22.00	24.33	26.00	25.00	25.00
	CBEA	Extracto de álamo	15.33	14.67	16.67	19.00	21.33	22.33	25.67	28.00	29.67	28.33
	CBICanZ	Infusión de canela	13.33	14.67	14.33	15.00	16.67	19.00	20.33	22.00	23.67	26.00
	CBER	Extracto de Rhizobium	16.00	19.33	18.33	19.33	18.67	25.33	25.33	27.67	29.67	28.67
	CBPM	Phyllum MaxR	18.00	18.00	19.33	20.00	22.00	24.33	21.67	22.00	21.00	24.00
	CBT	Testigo	12.00	14.33	14.33	14.67	16.00	16.33	16.67	18.00	20.67	21.67
	CTES	Extracto de sauce	23.00	26.00	26.67	24.67	25.67	25.67	29.33	29.33	30.67	29.67
<i>Cantua tomentosa</i>	CTEA	Extracto de álamo	15.00	14.67	14.67	15.33	16.33	17.67	18.33	20.67	22.00	24.33
	CTICanZ	Infusión de canela	19.33	21.00	23.67	25.67	27.67	31.00	30.33	30.00	29.67	29.00
	CTER	Extracto de Rhizobium	17.00	17.33	18.00	18.67	24.33	30.33	33.00	34.33	36.33	37.67
	CTPM	Phyllum MaxR	17.00	20.00	22.00	22.67	20.00	15.00	17.00	19.00	20.67	25.33
	CTT	Testigo	9.00	12.67	11.00	11.67	12.33	13.00	13.00	17.00	16.33	18.00

Especie	Código	Fitohormona	Fecha		Suma	Promedio
			21/09.	28/09.		
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	28.00	29.00	406.67	16.94
	CBEA	Extracto de álamo	30.00	30.00	362.67	15.11
	CBICanZ	Infusión de canela	25.67	27.00	317.00	13.21
	CBER	Extracto de Rhizobium	30.67	34.33	419.00	17.46
	CBPM	Phyllum MaxR	26.00	28.00	405.67	16.90
	CBT	Testigo	22.67	24.00	274.00	11.42
	CTES	Extracto de sauce	31.00	34.33	489.67	20.40
<i>Cantua tomentosa</i>	CTEA	Extracto de álamo	26.67	29.33	321.00	13.38
	CTICanZ	Infusión de canela	30.00	33.00	461.83	19.24
	CTER	Extracto de Rhizobium	37.67	34.33	492.67	20.53
	CTPM	Phyllum MaxR	26.00	27.67	356.83	14.87
	CTT	Testigo	20.00	22.33	221.00	9.21

Tabla 41. Número de hojas de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

Repetición III

Especie	Código	Fitohormona	Fecha											
			20/04.	27/04.	04/05.	11/05.	18/05.	25/05.	01/06.	08/06.	15/06.	22/06.	29/06.	06/07.
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	0.00	4.00	7.00	5.33	9.33	10.67	12.67	14.67	18.33	18.67	18.33	21.00
	CBEA	Extracto de álamo	0.00	7.00	5.00	5.67	6.33	7.33	8.33	9.67	12.33	14.33	15.33	16.67
	CBICanZ	Infusión de canela	0.00	3.00	6.00	4.00	4.67	6.00	8.33	9.33	9.67	11.00	12.67	14.00
	CBER	Extracto de Rhizobium	5.00	5.67	7.67	9.33	11.33	15.00	16.67	19.00	19.67	22.00	22.33	23.67
	CBPM	Phyllum MaxR	0.00	4.00	5.50	8.33	10.33	11.67	13.00	14.33	15.33	16.00	15.33	16.67
	CBT	Testigo	0.00	0.00	2.00	6.50	8.00	11.00	13.33	13.67	15.00	15.67	15.67	16.00
	CTES	Extracto de sauce	4.33	8.33	13.33	15.00	19.33	23.67	12.67	14.33	17.00	19.33	22.67	22.00
<i>Cantua tomentosa</i>	CTEA	Extracto de álamo	0.00	0.00	0.00	5.00	6.67	7.33	8.67	9.33	10.67	11.33	13.33	13.67
	CTICanZ	Infusión de canela	3.00	6.00	8.50	7.67	7.33	11.00	11.67	13.00	13.33	14.33	15.67	18.00
	CTER	Extracto de Rhizobium	0.00	6.00	8.67	10.67	13.67	14.67	14.00	15.00	16.67	18.33	17.00	16.00
	CTPM	Phyllum MaxR	0.00	3.50	6.00	8.00	9.33	8.33	8.00	11.00	10.33	11.00	14.00	15.00
	CTT	Testigo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	6.00	6.67	6.00	6.67	7.67	8.67

Especie	Código	Fitohormona	Fecha												
			13/07.	20/07.	27/07.	03/08.	10/08.	17/08.	24/08.	31/08.	07/09.	14/09.	21/09.		
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	24.33	24.67	25.33	26.67	27.67	27.67	29.33	30.33	30.33	32.00	32.67	32.67	32.33
	CBEA	Extracto de álamo	18.00	19.00	18.67	21.67	21.33	24.00	24.67	25.33	28.00	29.00	29.00	29.00	31.33
	CBICanZ	Infusión de canela	15.67	19.00	20.67	23.00	26.33	28.33	27.33	28.33	30.00	29.33	32.00	29.33	32.00
	CBER	Extracto de Rhizobium	25.67	26.67	28.00	29.00	27.33	29.00	29.00	29.67	30.00	29.67	30.00	31.67	32.67
	CBPM	Phyllum MaxR	17.00	20.00	25.67	28.00	29.33	29.67	30.33	30.67	32.00	33.67	34.67	33.67	34.67
	CBT	Testigo	17.33	18.33	21.67	23.00	23.00	24.67	24.33	25.33	26.00	27.00	27.00	27.00	27.67
	CTES	Extracto de sauce	23.00	26.00	26.67	24.67	25.67	25.67	29.33	29.33	29.33	30.67	29.67	29.67	31.00
	CTEA	Extracto de álamo	15.00	14.67	14.67	15.33	16.33	17.67	18.33	20.67	22.00	24.33	24.33	24.33	26.67
	CTICanZ	Infusión de canela	19.33	21.00	23.67	25.67	27.67	31.00	30.33	30.00	29.67	29.00	29.00	29.00	30.00
	CTER	Extracto de Rhizobium	17.00	17.33	18.00	18.67	24.33	30.33	33.00	34.33	36.33	37.67	37.67	37.67	37.67
CTPM	Phyllum MaxR	17.00	20.00	22.00	22.67	20.00	15.00	17.00	19.00	20.67	25.33	26.00	25.33	26.00	
CTT	Testigo	9.00	12.67	11.00	11.67	12.33	13.00	13.00	17.00	16.33	18.00	20.00	18.00	20.00	

Especie	Código	Fito hormona	Fecha 28/09.	Suma	Promedio
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	34.00	487.00	20.29
	CBEA	Extracto de álamo	33.67	402.67	16.78
	CBICanZ	Infusión de canela	32.00	400.67	16.69
	CBER	Extracto de Rhizobium	33.67	529.67	22.07
	CBPM	Phyllium MaxR	36.67	478.17	19.92
	CBT	Testigo	28.67	403.83	16.83
<i>Cantua tomentosa</i>	CTES	Extracto de sauce	34.33	528.00	22.00
	CTEA	Extracto de álamo	29.33	321.00	13.38
	CTICanZ	Infusión de canela	33.00	459.83	19.16
	CTER	Extracto de Rhizobium	34.33	489.67	20.40
	CTPM	Phyllium MaxR	27.67	356.83	14.87
	CTT	Testigo	22.33	221.00	9.21

Tabla 42. Engrosamiento de rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

Repetición I

Especie	Código	Fitohormona	Fecha							Suma	Prom		
			01/06	15/06	29/06	13/07	27/07	10/08	24/08			07/09	21/09
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	0.095	0.10	0.10	0.10	0.20	0.15	0.25	0.20	0.38	1.54	0.17
	CBEA	Extracto de álamo	0.1	0.10	0.10	0.10	0.19	0.15	0.23	0.19	0.32	1.47	0.16
	CBICanZ	Infusión de canela	0.1	0.10	0.10	0.10	0.20	0.15	0.23	0.19	0.35	1.51	0.17
	CBER	Extracto de Rhizobium	0.125	0.13	0.13	0.13	0.18	0.15	0.30	0.23	0.40	1.75	0.19
	CBPM	Phyllum MaxR	0	0.05	0.10	0.10	0.13	0.11	0.23	0.17	0.32	1.20	0.13
	CBT	Testigo	0	0.09	0.09	0.10	0.23	0.16	0.25	0.21	0.30	1.42	0.16
<i>Cantua tomentosa</i>	CTES	Extracto de sauce	0.1	0.10	0.10	0.10	0.27	0.19	0.33	0.26	0.40	1.83	0.20
	CTEA	Extracto de álamo	0	0.10	0.10	0.10	0.15	0.13	0.23	0.18	0.37	1.35	0.15
	CTICanZ	Infusión de canela	0	0.10	0.10	0.15	0.22	0.19	0.30	0.24	0.35	1.64	0.18
	CTER	Extracto de Rhizobium	0	0.10	0.10	0.10	0.23	0.16	0.33	0.24	0.40	1.65	0.18
	CTPM	Phyllum MaxR	0.1	0.10	0.10	0.10	0.20	0.15	0.22	0.18	0.35	1.50	0.17
	CTT	Testigo	0	0.09	0.09	0.10	0.17	0.14	0.20	0.17	0.35	1.30	0.14

Tabla 43. Engrosamiento de rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

Repetición II

Especie	Código	Fitohormona	Fecha								Suma	Promo	
			01/06	15/06	29/06	13/07	27/07	10/08	24/08	07/09			21/09
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	0.10	0.10	0.13	0.15	0.23	0.19	0.29	0.24	0.40	1.80	0.20
	CBEA	Extracto de álamo	0.00	0.10	0.06	0.15	0.19	0.17	0.23	0.20	0.32	1.41	0.16
	CBICanZ	Infusión de canela	0.00	0.09	0.10	0.17	0.20	0.18	0.23	0.20	0.35	1.51	0.17
	CBER	Extracto de Rhizobium	0.12	0.13	0.20	0.17	0.17	0.17	0.23	0.20	0.40	1.77	0.20
	CBPM	Phyllum MaxR	0.10	0.17	0.23	0.25	0.25	0.25	0.30	0.28	0.37	2.19	0.24
	CBT	Testigo	0.00	0.10	0.15	0.20	0.23	0.21	0.25	0.23	0.30	1.67	0.19
	CTES	Extracto de sauce	0.00	0.10	0.18	0.20	0.23	0.21	0.35	0.28	0.40	1.93	0.21
<i>Cantua tomentosa</i>	CTEA	Extracto de álamo	0.10	0.07	0.10	0.10	0.15	0.12	0.23	0.17	0.37	1.40	0.16
	CTICanZ	Infusión de canela	0.50	0.05	0.15	0.20	0.22	0.21	0.30	0.25	0.35	2.22	0.25
	CTER	Extracto de Rhizobium	0.10	0.15	0.15	0.23	0.27	0.25	0.33	0.29	0.40	2.15	0.24
	CTPM	Phyllum MaxR	0.13	0.13	0.18	0.18	0.20	0.19	0.22	0.20	0.35	1.75	0.19
	CTT	Testigo	0.00	0.10	0.09	0.10	0.17	0.14	0.20	0.17	0.32	1.28	0.14

Tabla 44. Engrosamiento de rebrote (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

Especie	Código	Fitohormona	Repetición III										Suma	Prom
			Fecha											
			01/06	15/06	29/06	13/07	27/07	10/08	24/08	07/09	21/09			
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	0.10	0.10	0.18	0.20	0.23	0.27	0.35	0.37	0.40	2.18	0.24	
	CBEA	Extracto de álamo	0.10	0.15	0.20	0.27	0.30	0.30	0.33	0.35	0.37	2.35	0.26	
	CBICanZ	Infusión de canela	0.10	0.13	0.20	0.25	0.29	0.30	0.33	0.33	0.38	2.28	0.25	
	CBER	Extracto de Rhizobium	0.13	0.17	0.27	0.29	0.33	0.35	0.37	0.38	0.42	2.69	0.30	
	CBPM	Phyllium MaxR	0.10	0.20	0.23	0.25	0.25	0.27	0.30	0.33	0.37	2.28	0.25	
	CBT	Testigo	0	0.09	0.09	0.09	0.13	0.19	0.20	0.23	0.30	1.30	0.14	
	CTES	Extracto de sauce	0.13	0.20	0.23	0.25	0.29	0.30	0.33	0.37	0.40	2.47	0.27	
<i>Cantua tomentosa</i>	CTEA	Extracto de álamo	0.1	0.09	0.09	0.10	0.17	0.23	0.30	0.35	0.40	1.81	0.20	
	CTICanZ	Infusión de canela	0.08	0.10	0.13	0.20	0.22	0.27	0.30	0.30	0.35	1.93	0.21	
	CTER	Extracto de Rhizobium	0.15	0.23	0.25	0.20	0.27	0.33	0.33	0.35	0.38	2.47	0.27	
	CTPM	Phyllium MaxR	0.15	0.10	0.18	0.18	0.19	0.23	0.25	0.30	0.37	1.93	0.21	
	CTT	Testigo	0.15	0.09	0.09	0.10	0.17	0.20	0.20	0.27	0.35	1.61	0.18	

Tabla 45. Porcentaje de prendimiento (%) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético

Especie	Código	Fitohormona	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Suma	Prom
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	60	70	60	190	63.33
	CBEA	Extracto de álamo	50	70	50	170	56.67
	CBICanZ	Infusión de canela	50	70	60	180	60.00
	CBER	Extracto de Rhizobium	70	60	70	200	66.67
	CBPM	Phyllum MaxR	60	50	70	180	60.00
	CBT	Testigo	60	60	50	170	56.67
	CTES	Extracto de sauce	70	60	70	200	66.67
	CTEA	Extracto de álamo	60	50	70	180	60.00
	CTICanZ	Infusión de canela	60	70	70	200	66.67
	CTER	Extracto de Rhizobium	60	80	60	200	66.67
<i>Cantua tomentosa</i>	CTPM	Phyllum MaxR	70	60	70	200	66.67
	CTT	Testigo	50	60	70	180	60.00

Tabla 46. Altura de rebrote (cm), de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

Especie	Código	Fitohormona	Fecha											Suma	Prom	
			20/04	04/05	18/05	01/06	15/06	29/06	13/07	27/07	10/08	24/08	07/09			21/09
Repetición I																
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	0.35	1.3	2.55	3.60	5.75	6.45	8.40	11.20	12.85	14.15	14.55	15.9	97.05	8.09
	CBEA	Extracto de álamo	0	0.35	1.70	3.70	4.75	5.70	8.20	9.55	10.50	12.1	13.05	13.85	83.45	6.95
	CBICanZ	Infusión de canela	0.25	1.8	2.45	4.05	4.80	5.65	7.00	8.75	9.85	10.95	13.15	13.9	82.6	6.88
	CBER	Extracto de Rhizobium	0.65	1.9	4.00	5.00	6.20	8.10	9.50	12.30	16.15	17.25	18.1	19	118.15	9.85
	CBPM	Phyllium MaxR	0.25	1.85	2.35	3.90	4.85	5.80	7.35	10.20	11.90	13.3	13.7	14.8	90.25	7.52
CBT	Testigo	0	0.15	1.25	2.00	3.25	4.65	5.65	7.30	8.60	9.35	10.5	11.05	63.75	5.31	
<i>Cantua tomentosa</i>	CTES	Extracto de sauce	0	0.35	1.80	2.00	3.60	5.80	7.30	10.25	12.35	13.75	15.2	15.8	88.2	7.35
	CTEA	Extracto de álamo	0.3	1.05	1.80	2.70	3.95	5.10	7.00	8.50	10.10	11.85	13.1	14	79.45	6.62
	CTICanZ	Infusión de canela	0.4	1.35	2.60	3.75	4.80	5.40	6.00	7.10	8.10	10.4	12.4	14.05	76.35	6.36
	CTER	Extracto de Rhizobium	0.7	1.55	3.00	4.45	6.40	8.30	10.50	13.65	16.10	17.65	19	20.1	121.4	10.12
	CTPM	Phyllium MaxR	0.3	1.7	3.00	4.20	6.00	8.00	9.20	8.80	10.40	12.1	14	15.25	92.95	7.75
CTT	Testigo	0.2	1.25	3.05	4.00	5.20	6.70	8.70	9.50	10.15	11.2	11.9	12.55	84.4	7.03	

Tabla 47. Altura de rebrote (cm), de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

Repetición II

Especie	Código	Fitohormona	Fecha												Suma	Prom
			20/04	04/05	18/05	01/06	15/06	29/06	13/07	27/07	10/08	24/08	07/09	21/09		
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	0.35	1.30	2.55	3.60	5.75	6.45	8.40	11.20	12.35	13.85	14.55	15.15	95.50	7.96
	CBEA	Extracto de álamo	0.00	0.35	1.65	2.95	3.55	5.40	7.15	8.70	10.75	12.30	12.55	13.40	78.75	6.56
	CBICanZ	Infusión de canela	0.00	0.60	1.25	3.00	4.40	5.20	6.15	8.35	10.40	12.05	14.25	15.20	80.85	6.74
	CBER	Extracto de Rhizobium	0.45	1.90	4.00	5.00	6.20	8.10	9.50	12.30	16.15	17.85	18.80	19.85	120.1	10.01
	CBPM	Phyllium MaxR	0.50	1.65	3.20	4.20	5.00	6.30	7.60	9.00	10.20	11.85	13.70	15.20	88.40	7.37
	CBT	Testigo	0.00	0.20	1.25	2.00	3.25	4.65	5.15	5.80	6.40	7.95	8.50	9.00	54.15	4.51
	CTES	Extracto de sauce	0.55	1.80	3.00	4.90	6.05	6.80	8.15	9.50	11.05	12.40	14.20	15.15	93.55	7.80
<i>Cantua tomentos a</i>	CTEA	Extracto de álamo	0.00	0.40	2.75	5.95	7.65	9.00	10.15	12.30	14.05	15.00	16.30	16.95	110.5	9.21
	CTICanZ	Infusión de canela	0.65	1.75	3.00	4.75	5.65	7.30	8.55	9.80	10.85	12.55	14.55	15.90	95.30	7.94
	CTER	Extracto de Rhizobium	0.40	1.55	3.00	4.45	6.40	8.30	10.50	13.65	15.60	16.85	17.25	17.95	115.9	9.66
	CTPM	Phyllium MaxR	0.40	1.70	3.00	4.20	5.80	7.00	8.40	10.00	11.60	13.65	15.35	17.40	98.50	8.21
	CTT	Testigo	0.00	0.30	2.05	3.00	5.20	5.70	6.30	6.95	8.40	9.30	9.55	10.35	67.10	5.59

Tabla 48. Altura de rebrote (cm), de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético

Repetición III

Especie	Código	Fitohormona	Fecha										Pro m			
			20/04	04/05	18/05	01/06	15/06	29/06	13/07	27/07	10/08	24/08		07/09	21/09	Suma
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	0.40	0.75	1.75	3.25	4.95	6.30	8.85	11.40	13.35	15.00	16.15	16.85	99.00	8.25
	CBEA	Extracto de álamo	0.30	0.45	0.95	3.40	4.6	5.70	6.90	8.30	9.65	10.95	13.45	15.00	79.65	6.64
	CBICanZ	Infusión de canela	0.20	0.5	1.60	3.00	4	5.60	6.65	8.00	9.45	11.45	15.35	16.35	82.15	6.85
	CBER	Extracto de Rhizobium	0.15	1	3.00	4.05	4.6	6.15	8.35	9.20	11.20	14.00	15.95	18.40	96.05	8.00
	CBPM	Phyllium MaxR	0.25	1.6	3.00	4.60	5.95	6.95	9.00	10.15	11.40	13.15	14.90	15.80	96.75	8.06
CBT	Testigo	0.00	0.9	1.50	2.65	3.2	4.05	5.20	5.70	7.15	8.05	8.75	9.35	56.50	4.71	
<i>Cantua tomentos a</i>	CTES	Extracto de sauce	0.45	1.75	3.30	4.40	5.5	7.00	8.70	10.35	11.40	12.25	13.40	14.20	92.70	7.73
	CTEA	Extracto de álamo	0.00	0.2	2.30	3.65	5.05	6.25	8.50	10.00	12.45	14.40	14.95	15.75	93.50	7.79
	CTICanZ	Infusión de canela	0.20	1.35	2.60	3.65	4.5	5.00	7.10	8.70	12.00	13.15	14.25	15.35	87.85	7.32
	CTER	Extracto de Rhizobium	0.35	1.55	3.00	4.45	6.4	8.30	10.50	13.65	15.25	15.60	16.85	17.75	113.65	9.47
	CTPM	Phyllium MaxR	0.00	0.3	1.80	3.35	4.95	6.20	7.90	9.50	10.50	12.65	13.75	15.10	86.00	7.17
CTT	Testigo	0	0	0.30	2.05	3	5.20	5.70	6.30	6.95	8.40	9.30	11.85	59.05	4.92	

Tabla 49. Crecimiento longitudinal de la raíz (cm) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético

Especie	Código	Fitohormona	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Suma	Promedio
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	20.50	20.53	21.03	62.06	20.69
	CBEA	Extracto de álamo	17.50	16.93	16.97	51.40	17.13
	CBICanZ	Infusión de canela	17.83	17.33	16.73	51.89	17.30
	CBER	Extracto de Rhizobium	24.50	23.17	18.73	66.40	22.13
	CBPM	Phyllum MaxR	16.00	15.97	17.23	49.20	16.40
	CBT	Testigo	14.83	15.30	15.30	45.43	15.14
<i>Cantua tomentosa</i>	CTES	Extracto de sauce	19.67	18.30	18.20	56.17	18.72
	CTEA	Extracto de álamo	16.47	16.53	16.17	49.17	16.39
	CTICanZ	Infusión de canela	18.17	18.07	17.57	53.81	17.94
	CTER	Extracto de Rhizobium	27.47	23.63	23.33	74.43	24.81
	CTPM	Phyllum MaxR	16.00	15.63	15.50	47.13	15.71
	CTT	Testigo	15.07	15.33	14.83	45.23	15.08

Tabla 50. Volumen radicular (cc) de estacas de dos especies de cantuta con la aplicación de cuatro fitohormonas naturales y un sintético.

Especie	Código	Fitohormona	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Suma	Prom.
<i>Cantua buxifolia</i>	CBES	Extracto de sauce	11.00	12.67	13.33	37.00	12.33
	CBEA	Extracto de álamo	11.67	10.00	13.33	35.00	11.67
	CBICanZ	Infusión de canela	11.67	11.67	13.33	36.67	12.22
	CBER	Extracto de Rhizobium	25.00	26.33	24.67	76.00	25.33
	CBPM	Phyllum MaxR	12.00	10.00	13.33	35.33	11.78
	CBT	Testigo	9.33	10.00	13.33	32.66	10.89
<i>Cantua tomentosa</i>	CTES	Extracto de sauce	11.33	13.00	13.33	37.66	12.55
	CTEA	Extracto de álamo	10.00	11.67	14.67	36.34	12.11
	CTICanZ	Infusión de canela	9.33	11.67	12.67	33.67	11.22
	CTER	Extracto de Rhizobium	25.67	23.33	18.33	67.33	22.44
	CTPM	Phyllum MaxR	12.00	16.00	14.67	42.67	14.22
	CTT	Testigo	7.00	9.67	9.33	26.00	8.67

Tabla 51. Correlación de Pearson

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

PANEL FOTOGRAFICO



Figura 23. Rhizobium leguminosarum en envase de vidrio (Ilave – Puno 01/03/2019)



Figura 24. Rhizobium leguminosarum arrancadas de la raíz de haba (Ilave – Puno 01/03/2019)



Figura 25. Materiales e insumos para la preparación de las fitohormonas (Ilave – Puno 01/03/2019)



Figura 26. *Fitohormonas naturales en reposo y Phyllum Max (Invernadero, Ilave – Puno 01/03/2019)*



Figura 27. *Recolección de estacas de cantuta (UNA – Puno 02/03/2019)*



Figura 28. *Estacas de cantuta rajo y cantuta amarilla diferenciadas, listas para hacer el respectivo reposo (Invernadero, Ilave – Puno 02/03/2019)*



Figura 29. Estacas de cantuta de color roja y amarilla en reposo (Invernadero, Ilave – Puno 02/03/2019)



Figura 30. Preparación de la fitohormona sintética Phyllum MaxR (Invernadero, Ilave – Puno 03/03/2019)



Figura 31. Reposo de estacas de dos especies de cantuta incluido el Phyllum Max R (Invernadero, Ilave – Puno 03/03/2019)



Figura 32. Estaquillado de todos los tratamientos (Invernadero, Ilave – Puno 03/03/2019)

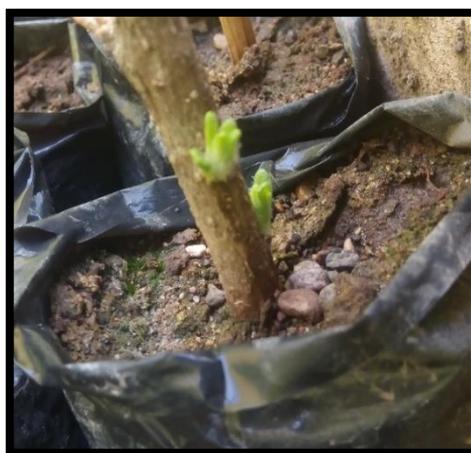


Figura 33. Cantuta rojo en brotación (Invernadero, Ilave – Puno 16/04/2019)



Figura 34. Estacas de cantuta en pleno crecimiento de rebrote (Invernadero, Ilave – Puno 09/05/2019)



Figura 35. Evaluación de altura de rebrote a los 77 días (Invernadero, Ilave – Puno 18/05/2019)



Figura 36. Evaluación de engrosamiento de rebrote a los 147 días (Invernadero, Ilave – Puno 27/07/2019)



Figura 37. Evaluación de longitud radicular del tratamiento CBER a los 210 días (Ilave – Puno 28/09/2019)



Figura 38. Evaluación del volumen radicular los 210 días (Ilave – Puno 28/09/2019)