

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES

**EVALUACIÓN DE CONCENTRACIONES DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO Y TIPOS DE ESTACAS
PARA LA PROPAGACIÓN ASEXUAL DE CEIBA; FRAY BARTOLOMÉ DE LAS CASAS, ALTA
VERAPAZ**

TESIS DE GRADO

EDDY SAMUEL ESCOBAR FERNANDEZ

CARNET 21039-04

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, AGOSTO DE 2018

CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S . J." DE LA VERAPAZ

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES

EVALUACIÓN DE CONCENTRACIONES DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO Y TIPOS DE ESTACAS
PARA LA PROPAGACIÓN ASEXUAL DE CEIBA; FRAY BARTOLOMÉ DE LAS CASAS, ALTA
VERAPAZ

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR

EDDY SAMUEL ESCOBAR FERNANDEZ

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES EN EL
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, AGOSTO DE 2018

CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S . J." DE LA VERAPAZ

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
MGTR. EDWIN ESTUARDO VAIDES LÓPEZ

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

Guatemala, 15 de agosto de 2018

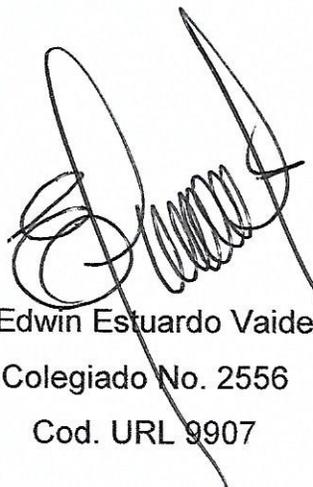
Honorable Consejo de
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Eddy Samuel Escobar Fernández, que se identifica con carné 21039-04, titulado: **“EVALUACIÓN DE CONCENTRACIONES DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO Y TIPOS DE ESTACAS PARA LA PROPAGACIÓN ASEXUAL DE CEIBA; FRAY BARTOLOMÉ DE LAS CASAS, ALTA VERAPAZ”**.

El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. Edwin Estuardo Vaides López

Colegiado No. 2556

Cod. URL 9907



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante EDDY SAMUEL ESCOBAR FERNANDEZ, Carnet 21039-04 en la carrera LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES, del Campus de La Verapaz, que consta en el Acta No. 06130-2018 de fecha 20 de agosto de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE CONCENTRACIONES DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO Y TIPOS DE ESTACAS PARA LA PROPAGACIÓN ASEJUAL DE CEIBA; FRAY BARTOLOMÉ DE LAS CASAS, ALTA VERAPAZ

Previo a conferírsele el título de INGENIERO FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 20 días del mes de agosto del año 2018.



MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios mi creador, por darme la salud, la fuerza y la sabiduría en cada momento y por escuchar y responder cada una de mis peticiones.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Campus La Verapaz, por permitir mi formación profesional.

MGTR Edwin Estuardo Vaides López, por su asesoría, mostrando un alto nivel de profesionalismo y experiencia en la revisión y corrección de la presente investigación.

Mi esposa Saida Marisol Quevedo de Paz, por todo el apoyo incondicional que me mostro y porque siempre estuvo allí cuando más la necesitaba, gracias por ser mi verdadera ayuda idónea.

Ing. Agr. Gerson Aguirre Aragón, por brindarme el principal material de manera gratuita para que esta investigación se llevara a cabo, gracias cuñado.

DEDICATORIA

A:

Dios: Por su infinito amor y misericordia que tiene cada día y por permitir que esta meta llegara a su fin de manera satisfactoria.

Mis padres: Santos Escobar Gregorio y Erica Colomba Fernández, por ser los pilares de mi formación educativa y por todo el amor y apoyo que siempre me han demostrado, espero ser un orgullo para ellos siempre.

Mi esposa: Saida Marisol Quevedo de Paz, por su amor y comprensión.

Mi hija: Esther Marisol Nohemy Escobar Quevedo, por ser mi inspiración y motivo para ser cada día mejor y luchar para alcanzar cada meta propuesta, espero ser un ejemplo para ella desde su temprana edad.

Mis Hermanos: Colomba Maribel, Norma Nineth, Víctor Leonardo, Santos Danilo y Loyda Eunice, como una muestra de esfuerzo y superación, gracias por ser parte de mi ciclo familiar.

Mis sobrinos: A quienes quiero y aprecio mucho, espero ser su ejemplo siempre.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 ANTECEDENTES	2
2.2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL DE CEIBA	4
2.2.1 Origen y distribución	4
2.2.2 Clasificación taxonómica.....	5
2.2.3 Descripción botánica:.....	6
2.3 PARTICULARIDADES DE LA CEIBA	7
2.3.1 Reproducción.....	8
2.3.2 Propagación.....	9
2.3.3 Hábitat.....	10
2.3.4 Usos.....	11
2.4 PROPAGACIÓN ASEXUAL	11
2.4.1 Propagación por estacas	12
a. Rebotes adventicios u oportunistas.....	13
b. Rebotes epicórmicos o proventicios.....	14
2.4.2 Obtención de estacas	14
2.5 HORMONAS VEGETALES Y REGULADORES DE CRECIMIENTO	15
2.5.1 Método de espolvoreado:.....	16
2.5.2 Método de inmersión rápida:.....	16
2.6 CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS....	17
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	19

3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	20
4. OBJETIVOS	22
4.1 OBJETIVO GENERAL:	22
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	22
5. HIPOTESIS.....	23
5.1 HIPÓTESIS ALTERNATIVA.....	23
5.2 HIPÓTESIS NULA.....	23
6. METODOLOGÍA	24
6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO.....	24
6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	25
6.3 FACTORES ESTUDIADOS.....	25
6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	25
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	26
6.6 MODELO ESTADÍSTICO	26
6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL	27
6.8 CROQUIS DE CAMPO.....	27
6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO	27
6.9.1 Elaboración del invernadero	28
6.9.2 Preparación de las camas germinadoras.....	28
6.9.3 Preparación de la mezcla.....	28
6.9.4 Llenado de cajas	28
6.9.5 Selección de las plantas productoras de las estacas.....	29
6.9.6 Corte del material vegetativo	29
6.9.7 Almacenamiento y transporte del material vegetativo.....	30
6.9.8 Desinfección de las estacas.....	30

6.9.9 Preparación de las Concentraciones	30
6.9.10 Aplicación de la hormona enraizadora	31
6.9.11 Siembra.....	31
6.9.12 Sistema de riego	32
6.9.13 Toma de datos	32
6.10 VARIABLES DE RESPUESTA.....	33
6.10.1 Número de estacas con rebrote	33
6.10.2 Calidad del rebrote.....	33
6.10.3 Número de estacas enraizadas.....	34
6.10.4 Número de raíces por estaca	34
6.10.5 Peso de raíces	34
6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	34
6.11.1 Análisis estadístico.....	34
6.11.2 Análisis económico	36
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
7.1 EVALUACIÓN DE LOS DOS TIPOS DE ESTACAS PARA LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL DE LA CEIBA.....	37
7.1.1 Número de estacas con raíces	37
7.1.2 Número de raíces por estaca	40
7.1.3 Peso de raíces	42
7.1.4 Número de estacas con rebrotes	45
7.1.5 Calidad del rebrote.....	50
7.2 EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO PARA FAVORECER EL ENRAIZAMIENTO DE LAS ESTACAS DE CEIBA.	54
7.2.1 Número de estacas con raíces	54
7.2.2 Número de raíces por estaca.....	57

7.2.3	Peso de raíces	59
7.2.4	Número de estacas con rebrotes	61
7.2.5	Calidad del rebrote.....	65
7.3	EVALUACIÓN DE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES TIPO DE ESTACAS MAS LAS CONCENTRACIONES DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO.	68
7.3.1	Número de estacas con raíces	68
7.3.2	Número de raíces por estaca.....	72
7.3.3	Peso de raíces	75
7.3.4	Número de estacas con rebrotes	78
7.3.5	Calidad del rebrote.....	84
7.4	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	90
8.	CONCLUSIONES.....	95
9.	RECOMENDACIONES	97
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	98
11.	ANEXO.....	105

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en la reproducción asexual de <i>Ceiba aesculifolia</i> . .	26
Cuadro 2. Número de estacas con raíces a los 70 Días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	38
Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable número de estacas con raíces, por tipo de estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	38
Cuadro 4. Prueba de Tukey para la variable número de estacas enraizadas, por tipo de estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	39
Cuadro 5. Número raíces por estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	41
Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable respuesta cantidad de raíces por tipo de estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	41
Cuadro 7. Prueba de Tukey para la variable número de raíces por tipo de estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	42
Cuadro 8. Peso de raíces en gramos a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	43
Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable respuesta peso de raíces por tipo de estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	43
Cuadro 10. Prueba de Tukey para la variable peso de raíces por tipo de estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	44
Cuadro 11. Número de estacas con rebrotes a los 30 Días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	45
Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable número de estacas con rebrotes por tipo de estacas a los 30 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	46
Cuadro 13. Prueba de Tukey para la variable número de estacas brotadas por cada tipo a los 30 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	46

Cuadro 14. Número de estacas con rebrotes a los 40 Días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	48
Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable número de estacas con rebrotes por cada tipo de estacas a los 40 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	49
Cuadro 16. Prueba de Tukey para la variable número de estacas brotadas por cada tipo a los 40 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	49
Cuadro 17. Cantidad de rebrotes a los 50 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	51
Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable cantidad de rebrotes por cada tipo de estacas a los 50 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	51
Cuadro 19. Prueba de Tukey para la variable calidad del rebrote por cada tipo de estacas a los 50 días después de la siembra, determinada por la cantidad de rebrotes, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	52
Cuadro 20. Cantidad de hojas a los 50 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	53
Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable cantidad de hojas por cada tipo de estacas a los 50 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	53
Cuadro 22. Prueba de Tukey para la variable calidad del rebrote por cada tipo de estacas a los 50 días después de la siembra, determinada por la cantidad de hojas, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	54
Cuadro 23. Número de estacas con raíces por concentración de IBA, a los 70 Días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	55
Cuadro 24. Análisis de varianza para número de estacas con raíces, por cada concentración de IBA a los 70 días después de la siembra.	56
Cuadro 25. Número raíces por estacas por concentración de IBA a los 70 días después de la siembra.	58

Cuadro 26. Análisis de varianza para la variable respuesta cantidad de raíces por concentración de IBA a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	58
Cuadro 27. Peso de raíces en gramos por cada concentración de IBA a los 70 días después de la siembra.	60
Cuadro 28. Análisis de varianza para la variable respuesta peso de raíces por cada concentración de IBA a los 70 días después de la siembra.	60
Cuadro 29. Número de estacas con rebrotes por cada concentración de IBA a los 30 Días después de la siembra.	61
Cuadro 30. Análisis de varianza para la variable respuesta de número de estacas con rebrotes por cada concentración de IBA a los 30 días después de la siembra.	62
Cuadro 31. Número de estacas con rebrotes por cada concentración de IBA a los 40 días después de la siembra.	64
Cuadro 32. Análisis de varianza para el número de estacas con rebrotes por cada concentración de IBA evaluada a los 40 días después de la siembra.	64
Cuadro 33. Cantidad de rebrotes por cada concentración de IBA evaluada a los 50 días después de la siembra.	65
Cuadro 34. Análisis de varianza para la calidad del rebrote determinada por la cantidad de rebrotes, por cada concentración de IBA a los 50 días después de la siembra.	66
Cuadro 35. Cantidad de hojas por cada concentración de IBA evaluada a los 50 días después de la siembra.	67
Cuadro 36. Análisis de varianza para la calidad del rebrote determinada por la cantidad de hojas por cada concentración de IBA evaluada a los 50 días después de la siembra.	67
Cuadro 37. Número de estacas con raíces por cada interacción a los 70 Días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	69
Cuadro 38. Análisis de varianza para la variable respuesta de número de estacas con raíces, por cada interacción a los 70 días después de la siembra.	69
Cuadro 39. Prueba de Tukey para la variable número de estacas enraizadas por interacción a los 70 días después de la siembra.	70
Cuadro 40. Número raíces por cada interacción a los 70 días después de la siembra.	73

Cuadro 41. Análisis de varianza para la variable respuesta número raíces por cada interacción a los 70 días después de la siembra.	73
Cuadro 42. Prueba de Tukey para la variable número de raíces por interacción a los 70 días después de la siembra.....	74
Cuadro 43. Peso de raíces en gramos por cada interacción a los 70 días después de la siembra.....	76
Cuadro 44. Análisis de varianza para el peso de raíces por cada interacción a los 70 días después de la siembra.	76
Cuadro 45. Prueba de Tukey para la variable peso de raíces en gramos por interacción a los 70 días después de la siembra.	77
Cuadro 46. Número de estacas con rebrotes por cada interacción a los 30 días después de la siembra.	78
Cuadro 47. Análisis de varianza para la variable número de estacas con rebrotes por cada interacción a los 30 días después de la siembra.	79
Cuadro 48. Prueba de Tukey para la variable número de estacas con rebrotes por interacción a los 30 días después de la siembra.	80
Cuadro 49. Número de estacas con rebrotes por cada interacción a los 40 Días después de la siembra.	82
Cuadro 50. Análisis de varianza para la variable respuesta número de estacas con rebrotes por cada interacción a los 40 días después de la siembra.	83
Cuadro 51. Prueba de Tukey para la variable número de estacas con rebrotes por interacción a los 40 días después de la siembra.	84
Cuadro 52. Cantidad de rebrotes por cada interacción a los 50 días después de la siembra.....	85
Cuadro 53. Análisis de varianza para la variable calidad del rebrote, determinada por la cantidad de rebrotes por cada interacción a los 50 días después de la siembra.....	86
Cuadro 54. Prueba de Tukey para la variable calidad del rebrote, determinada por la cantidad de rebrotes por cada interacción a los 50 días después de la siembra.....	86
Cuadro 55. Cantidad de hojas por interacción a los 50 días después de la siembra. ...	88
Cuadro 56. Análisis de varianza para la variable calidad del rebrote, determinada por la cantidad de hojas por cada interacción a los 50 días después de la siembra.	88

Cuadro 57. Prueba de Tukey para la variable calidad del rebrote, determinada por la cantidad de hojas por cada interacción a los 50 días después de la siembra.	89
Cuadro 58. Costos comunes para todos los tratamientos, en la reproducción asexual de Ceiba aesculifolia, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	90
Cuadro 59. Costo común por cada tratamiento, en la reproducción asexual de Ceiba aesculifolia, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	91
Cuadro 60. Costo específico para cada tratamiento, en la reproducción asexual de Ceiba aesculifolia, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	92
Cuadro 61. Costos totales por cada tratamiento, en la reproducción asexual de Ceiba aesculifolia, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	92
Cuadro 62. Rentabilidad por tratamiento evaluado, en la reproducción asexual de Ceiba aesculifolia, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	93
Cuadro 63. Relación beneficio/costo por tratamiento evaluado, en la reproducción asexual de Ceiba aesculifolia, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	94
Cuadro 64. Boleta de Recolección de datos de campo.	105
Cuadro 65. Costos de producción total para los ocho tratamientos evaluados en invernadero, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tocones con regeneración con rebrotes sin selección (A) y rebrote seleccionado (B).	14
Figura 2. Mapa de ubicación del lugar donde se estableció el experimento, en el municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	24
Figura 3. Distribución de las unidades experimentales dentro del invernadero completamente al azar.	27
Figura 4. Diseño de las cajas que se utilizaron para la siembra de las estacas.	29
Figura 5. Tamaño de estacas utilizadas, de rebrote adventicio (a) y de rebrote epicórmico (b).	30
Figura 6. Nebulizadores instalados dentro del invernadero antes de establecer el experimento.	32

Figura 7. Grafica de puntos para las medias del número de estacas con raíces por cada tipo de estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	40
Figura 8. Grafica de medias del número de estacas con rebrotes por tipo de estacas a los 30 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.	47
Figura 9. Grafica de puntos para las medias del número de estacas con raíces por concentración de IBA a los 70 días después de la siembra.	56
Figura 10. Grafica de puntos para las medias del número de estacas con rebrotes por cada concentración de IBA a los 30 días después de la siembra.....	63
Figura 11. Grafica de puntos de las medias del número de estacas enraizadas para las interacciones entre las estacas adventicias y las estacas epicórmicas mas las concentraciones de IBA a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.....	71
Figura 12. Grafica de puntos de las medias del número de estacas con rebrotes para las interacciones entre las estacas adventicias y las estacas epicórmicas mas las concentraciones de IBA a los 30 días después de la siembra.....	81
Figura 13. Preparación de tocones para emisión de rebrotes epicórmicos	107
Figura 14. Rebrotos epicórmicos listos.....	107
Figura 15. Elaboración del invernadero	108
Figura 16. Camas germinadoras	108
Figura 17. Vista interior del invernadero.....	109
Figura 18. Vista exterior del invernadero.....	109
Figura 19. Nebulizador para riego.	110
Figura 20. Preparación de la mezcla.	110
Figura 21. Plantación de ceiba de donde se realizó la extracción de rebrotes adventicios.	111
Figura 22. Cajas litas con mezcla para la siembra de las estacas.	111
Figura 23. Balanza analítica utilizada para peso de las concentraciones de IBA.	112
Figura 24. Estacas sembradas.....	112
Figura 25. Identificación de tratamientos y repeticiones.....	113
Figura 26. Emisión de primeros rebrotes.....	113

Figura 27. Proceso de emisión de rebrotes.....	114
Figura 28. Proceso de emisión de rebrotes.....	114
Figura 29. Proceso de emisión de rebrotes.....	115
Figura 30. Proceso de emisión de rebrotes.....	115
Figura 31. Estacas brotadas.....	116
Figura 32. Resultados estacas epicórmicas enraizadas.....	116
Figura 33. Resultados estacas epicórmicas enraizadas.....	117
Figura 34. Resultados estacas epicórmicas enraizadas.....	117
Figura 35. Resultados estacas epicórmicas enraizadas.....	118
Figura 36. Estaca epicórmica enraizada.	118
Figura 37. Estaca epicórmica enraizada.	119
Figura 38. Estacas epicórmicas enraizadas.	119
Figura 39. Resultados estacas adventicias enraizadas.....	120
Figura 40. Corte de raíces para ser pesadas.	120
Figura 41. Peso de raíces.....	121
Figura 42. Peso de raíces.....	121

EVALUACIÓN DE CONCENTRACIONES DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO Y TIPOS DE ESTACAS PARA LA PROPAGACIÓN ASEXUAL DE CEIBA; FRAY BARTOLOMÉ DE LAS CASAS, ALTA VERAPAZ

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el municipio de Fray Bartolomé de las Casas, departamento de Alta Verapaz. El objetivo principal fue evaluar el efecto de cuatro concentraciones de IBA en dos tipos de estacas para la reproducción asexual de ceiba. Las concentraciones de IBA fueron 0, 1000, 2000 y 3000 ppm y las estacas fueron adventicias y epicórmicas. Las variables medidas fueron: número de estacas con rebrotes, calidad del rebrote, número de estacas con raíces, número de raíces por estacas y peso de raíces. Se usó el diseño completamente al azar, con 8 tratamientos y 4 repeticiones; cada unidad experimental compuesta por 10 estacas. Las mejores estacas para todas las variables medidas fueron las epicórmicas, presentando un 79.40% para la variable de número de estacas con raíces; las concentraciones de IBA evaluadas no tuvieron efecto significativo en ninguna de las variables medidas cuando se evaluaron de manera individual como factor; al evaluar las concentraciones de IBA con las interacciones en los dos tipos de estacas, se determinó que sí existieron diferencias altamente significativas en cada una de las variables medidas, para la variable número de estacas con raíces la mejor concentración fue la de 2000 ppm en la interacción con las estacas epicórmicas con un 95% de estacas enraizadas y en la interacción con las estacas adventicias la mejor concentración fue la de 3000 ppm con un 40% de estacas enraizadas. En el ámbito económico el mejor tratamiento fue el 7, rebrotes epicórmicos más 2000 ppm de IBA el cual presentó 73.41% de rentabilidad y una relación beneficio-costo de 1.73.

1. INTRODUCCIÓN

El manejo de bosque latifoliado en Guatemala es de mucha importancia debido a la diversidad de especies que en él se encuentran, las cuales ofrecen bienes y servicios que pueden ser una alternativa para mejorar la calidad de vida humana, sin embargo, son pocas las especies que se aprovechan o que son manejadas con fines de producción. La ceiba es una especie latifoliada recientemente incluida en los sistemas productivos de manejo forestal sostenible, debido que las industrias madereras la están demandando para diferentes usos y mercados, tanto nacionales como internacionales.

La madera de ceiba se caracteriza por ser de baja densidad y resistencia mecánica, por lo cual se usa en construcción ligera, material de empaque, chapa, contra chapas (plywood), capas interiores de tableros laminados, acabados de interiores, cajas mortuorias, pulpa y papel (Roldán, 2006). Según el Sistema de Información Forestal de Guatemala -SIFGUA- (2016b), las industrias que comercializan la ceiba en Guatemala, para el período 2010 a agosto 2016, registraron en total un ingreso de 10,775.88 m³, de los cuales los productos con mayores volúmenes de ingresos son: madera aserrada 4,518.58 m³, madera en troza 3,574.79 m³ y madera en bloque 1,460.16 m³, entre otros.

Una de las dificultades que se presenta en el manejo sostenible de la ceiba, es la recuperación posterior al aprovechamiento, debido a que esta especie no florece anualmente, obteniendo semillas cada 4 o más años, lo que complica o limita establecer los tratamientos silviculturales de establecimiento de la regeneración. Una alternativa es efectuar la recuperación de forma asexual, siempre y cuando se obtenga un mecanismo adecuado y rentable en el proceso de enraizamiento y brotación de estacas.

La presente investigación se basó en encontrar el método adecuado para su reproducción por medio de estacas, evaluando cuatro concentraciones de ácido indolbutírico y dos tipos de estacas según el tipo de yemas que las origina. Esta investigación permite una alternativa para iniciar procesos de mejora genética a partir de propagar clones de árboles con características ideales a reproducir de forma asexual.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Gómez (2013), realizó una investigación en la que evaluó el efecto del ácido indolbutírico en estacas de diferente longitud de *Jatropha curcas* L. evaluando concentraciones de 0, 500, 1500 y 3000 ppm y longitudes de estacas de 20, 40, 60 y 75 centímetros, en un diseño completamente al azar, en la cual observó que las concentraciones de ácido indolbutírico, la longitud de las estacas y la interacción de ambos factores, no mostraron diferencias estadísticas significativas en el proceso de enraizado y producción de brotes.

Así mismo Gómez (2013), determinó que las estacas de 60 centímetros presentaron el crecimiento más elevado, tanto en brotes como en raíces.

Según Mitchell y Livingston (1973), citados por Mazariegos (2011), no todas las plantas tienen la capacidad de enraizar espontáneamente, por lo que a veces es necesario aplicar sustancias hormonales que provoquen la formación de raíces. Las auxinas son hormonas reguladoras del crecimiento vegetal y, en dosis muy pequeñas, regulan los procesos fisiológicos de las plantas. Las hay de origen natural, como el ácido indolacético (AIA), y sintéticas, como el ácido indolbutírico (AIB) y el ácido naftalenacético (ANA). Todas estimulan la formación y el desarrollo de las raíces cuando se aplican a la base de las estacas, la auxina recomendada para el enraizado de tejidos leñosos es el ácido indolbutírico (AIB).

Ovalle (2010), realizó una evaluación de concentraciones de auxinas para la propagación vegetativa de 4 especies forestales Melina (*Gmelina arborea*), Eucalipto (*Eucaliptus urograndis*), Pino (*Pinus patula*) y Pinabete (*Abies guatemalensis*) evaluando concentraciones de 4000, 6000 y 8000 ppm de ácido indolbutírico en donde determinó que las concentraciones de auxinas utilizadas de ácido indolbutírico no provocó diferencia significativa.

Sin embargo Ovalle (2010), determinó que sí hubo diferencia significativa en las especies forestales, eucalipto, melina, pino y pinabete, con la mayor longitud de raíces, se obtuvo el eucalipto con 12.46 cm, la melina con 8.62 cm, el pino con 3.6 cm y por último el pinabete 1.18 cm.

De acuerdo con Ovalle (2010), para las especies forestales tropicales se recomienda la inmersión de la base de las estacas en soluciones de AIB al 4% en alcohol etílico, como solvente, por periodos muy cortos (5 segundos). Posteriormente se acomoda la base de la estaca en aire frío para evaporar el alcohol, antes de colocarlas en el propagador.

Dos Santos, Barbosa, Brito, Dallabona y Clarete (2016), realizaron un estudio en donde evaluaron la propagación vegetativa de *Caesalpinia ferrea* para lo cual realizaron un total de 12 experimentos en los cuales evaluaron estacas de diferentes tamaños en cuanto a longitud y diámetro, con hojas y sin hojas, en diferentes concentraciones de AIB, estacas de madera blanda a diferentes dosis de AIB y diferentes sustratos, así como también evaluaron cortes de raíz en diferentes concentraciones de AIB y diferentes sustratos. En sus resultados concluyen que las estacas que obtuvieron mejores porcentajes de incidencia de raíces son las de madera blanda.

Además, Dos Santos, et al., (2016), concluyeron que la mejor forma de propagación vegetativa de *Caesalpinia ferrea* es por medio de esquejes tomados de las raíces de las plántulas de 16 meses de edad y por estacas de 18 centímetros de longitud procedentes de las raíces de las plántulas tratadas con 6000 ppm de IBA.

Según García (2007), las sustancias químicas que se han encontrado como más efectivas para estimular la producción de raíces adventicias en esquejes son el ácido indolbutírico y el ácido naftalenacético. El ácido indolbutírico es probablemente el mejor material para uso general debido a que no es tóxico para las plantas en una amplia gama de concentraciones y es efectivo para estimular el enraizamiento en un gran número de especies de plantas.

Badilla y Murillo (2005), realizaron enraizamiento de estacas de especies forestales, indicando que para lograr un adecuado enraizamiento de las estacas es necesario establecer un invernadero con condiciones para lograr los tres factores principales: a) una reducción en la actividad fotosintética (sombra de sarán por lo general), b) una humedad relativa alta (80-90%) y buen manejo del estrés hídrico, y c) una temperatura ambiente entre 30 y 35 grados centígrados.

De acuerdo con Badilla y Murillo (2005), el riego en el invernadero debe ser preferiblemente nebulizado y automático. Si se trabaja con bandejas plásticas y de sustrato arena, un programa de riego adecuado debe mojar unas tres veces al día, con una duración de un minuto cada vez. En días muy soleados o calurosos el riego deberá aumentar su frecuencia (máximo 5 veces al día). En los días lluviosos y con una alta humedad relativa, el riego debe disminuir su frecuencia a una vez al día o quizá cada dos días.

Según Murillo, Rojas y Badilla (2003), las estacas se sacan de la solución de desinfección y se dejan escurrir para eliminar el exceso de agua. Se prepara entonces un recipiente con el enraizador que puede ser el ácido indolbutírico (para la *Tectona grandis*, *Hieronyma alchorneoides*, *Ulmus mexicana* y *Voschysia* spp.) que viene preparado en forma comercial en una dosis de un 1% o 10,000 ppm de AIB (ácido indol-butírico). Otras especies no toleran una dosis tan alta y requieren no más de 0.2% ó 2000 ppm (*Eucalyptus* Spp., *Cupressus lusitánica*, *Alnus acuminata* entre otras).

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL DE CEIBA

2.2.1 Origen y distribución

Es una especie tropical originaria de Mesoamérica, con una amplia distribución en América tropical, Asia y África. En México se encuentra en la vertiente del Golfo, desde el sur de Tamaulipas, hasta la península de Yucatán y en la del Pacífico desde Sonora hasta Chiapas, respectivamente y en Centroamérica (Belice, El Salvador, Guatemala, Honduras y Costa Rica) (Avendaño, Casas, Dávila y Lira, 2006).

En Guatemala se encuentra principalmente en llanuras o laderas secas, que son comunes en muchas localidades, especialmente en el Oriente, sobre todo en 1,500 metros sobre el nivel del mar o menos, en Peten, Zacapa, Santa Rosa, Escuintla, Chiquimula, Alta Verapaz, El Quiché, Sacatepéquez, Huehuetenango, El Progreso y Baja Verapaz (Standley y Steyemark, 1976).

Es cultivada en África, India, sureste y este asiático, crece de forma natural en las áreas tropicales húmedas y subhúmedas de América desde México hasta Colombia, Venezuela y Ecuador, en las Antillas desde Cuba y Jamaica hasta Trinidad y Tobago (Rivera, 2000).

El género ceiba agrupa varias especies, entre las que se conocen están: El árbol Zapoteco conocido en México como Pochote (*Ceiba acuminata* Rose), el Kapok (*Ceiba parvifolia*), EL Palo Borracho (*Ceiba insignis*), el Árbol Botella (*Ceiba Speciosa* A. St. Hil), Ceiba o Ceibillo (*Ceiba aesculifolia* (Kunth) Britten & Baker) y la Ceiba (*Ceiba pentandra* L. Gaertn) (Pagaza y Fernández, 2004).

2.2.2 Clasificación taxonómica

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Sub filo: Streptophytina

Clase: Magnoliopsida

Sub clase: Gunneridae

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Sub Familia: Bombacoideae

Género: *Ceiba*

Especie: *Ceiba aesculifolia*

(ITIS, 2016)

Malvaceae es una familia cosmopolita con 243 géneros y probablemente más de 4300 especies, en esta familia se han incluido recientemente cinco familias tradicionales, incluidas las Bombacaceae, Sterculiaceae y Tiliaceae (Bayer y Kubitzki, 2003).

Avendaño (1998) señala que uno de los caracteres significativos de Malvaceae es la presencia de nectarios tricómicos, un tipo ausente en las familias cercanas a las Malvales centrales.

2.2.3 Descripción botánica:

Pagaza y Fernández (2004), definen la ceiba como árbol monopódico, de 15 hasta 30 m de altura, copa abierta, el tronco delgado, armado con pocas o abundantes espinas fuertes, cónicas, de 2.5-3 cm de largo y muy agudas en el ápice; ramas jóvenes con numerosas espinas, glabras o casi glabras, madera blanda; corteza externa de color gris a gris plomizo, lisa o a veces ligeramente fisurada, lenticelas conspicuas en ocasiones, la corteza interna rosa o rojiza; el grosor total de la corteza es de 5 a 20 mm.

Las hojas de la ceiba están dispuestas en espiral, aglomeradas en las puntas de las ramas, digitado-compuestas, con dos estípulas, de 2 a 5 mm de largo, recubiertas de pelos estrellados, caedizas; los folíolos, 6 a 8, elípticos a oblanceolados u ovados, de 3.5 a 10 cm de largo, por 1.3 a 4.5 cm de ancho, ápice acuminado, base cuneada a atenuada, la cara adaxial es verde oscura y glabra o casi glabra, la abaxial verde grisácea o pálida y con escasa pubescencia de pelos estrellados, la nervadura central finamente tomentosa en ambas superficies, el margen aserrado, los peciolos de 4.5 a 12.5 (20) cm de largo, con pubescencia estrellada escasa, los peciolulos de 0.2 a 1 cm de largo (Pagaza y Fernández, 2004).

La *Ceiba aesculifolia* tiene flores hermafroditas grandes de 10-16 cm con cinco pétalos pubescentes marrones. Los estilos son en promedio de 15 cm de largo y superan los estambres por 2 cm (Lobo, Quesada, Stoner, Fuchs, Herrerías, Rojas y Saborío, 2003).

Posee flores terminales, solitarias o en pares, de 12 a 14 cm de largo; el cáliz por lo general es más o menos campanulado, robusto a carnosos, generalmente glabro externamente y densamente veloso dentro, abriéndose para formar 4-5 lóbulos irregulares, los nectarios dispersos se distribuyen en la superficie interna del cáliz, la corola es bastante carnosa de forma lineal oblonga (Gibbs y Semir, 2003).

El fruto de las ceibas son cápsulas elipsoides, de 10 a 19 cm de largo por 6 a 8.7 cm de ancho, 5 valvadas, ápice agudo, acuminado u obtuso, parduzco, liso, glabro, el cáliz persistente, el estilo presente en frutos jóvenes, inmaduro de color verde con tintes rojizos (Pagaza y Fernández, 2004). El color del fruto varía de verde oscuro a verde pálido hasta púrpura-rojizo, dependiendo del estado de madurez (Avendaño, Casas, Dávila y Lira, 2009).

Los frutos están llenos de fibras muy delgadas y livianas, llamadas kapok, que funcionan como paracaídas para transportar lejos las semillas. El kapok repele el agua, de modo que las semillas también pueden migrar si las fibras caen en una quebrada o un río (Avendaño, et al., 2006).

La ceiba posee semillas numerosas subglobosas, de color moreno oscuro, de 8.5 a 9 mm de largo, 7.2 a 7.6 mm de ancho, embebidas en abundante y suave fibra algodonosa de color blanco (CONABIO, 2009).

2.3 PARTICULARIDADES DE LA CEIBA

En Guatemala, la ceiba en algunas regiones es conocida como el árbol sagrado de la vida, para los antiguos mayas representaba la comunicación de los humanos con el cielo y el inframundo; en la actualidad, sus descendientes la respetan como sinónimo de sabiduría y resistencia (Roldán, 2006).

La Ceiba *aesculifolia* tiene predominantemente un sistema de apareamiento cruzado y es efectivamente polinizada por dos especies de murciélagos, *Glossophaga soricina* y *Leptonycteris curasoae*, los cuales dependen directamente de la floración de la ceiba

para poder alimentarse y su comportamiento de búsqueda de alimento está determinado por la floración patrón de esta especie (Quesada, Stoner, Lobo, Herrerías, Palacios, Murguía y Oseguera, 2004).

2.3.1 Reproducción

Florece entre diciembre y febrero, es decir al comienzo del periodo seco del año. El mismo árbol no florece por lo general en años consecutivos. La edad de la primera floración también es variable; algunos árboles florecen a los cinco o seis años, otros esperan más. La floración dura de tres a cinco semanas. El primer aviso de que una ceiba va a florecer es la aparición de muchos capullos que surgen de un mismo punto al final de las ramas. Los grupos de capullos se observan con facilidad porque durante este periodo del año el árbol por lo general no tiene hojas. El desarrollo de los capullos varía en cada grupo; unos se adelantan y otros se atrasan para que la agrupación tenga flores durante noches consecutivas (Cascante, 1997).

Lobo, et al., (2003), realizaron un estudio donde evaluaron los factores que afectan a los patrones fenológicos de árboles bombáceos en bosques de Costa Rica y México determinando que la *Ceiba aesculifolia* florece más tarde en los bosques de México que en los bosques de Costa Rica, sin embargo la ceiba en ambos sitios florece al final de la estación seca, además es la última especie de la familia para florecer.

Herrerías, Quesada, Stoner y Lobo (2006), realizaron un estudio en la Costa Central del Pacífico de México para evaluar el éxito reproductivo de la *Ceiba aesculifolia* y determinaron que el número de individuos que florecieron y produjeron frutos maduros variaron de un año a otro.

Además Herrerías, et al., (2006), determinaron que la ceiba tiene más facilidad de reproducirse en sitios donde ya ha habido intervención como lo son los árboles fuera de bosque que en sitios no intervenidos árboles dentro de bosque, ya que la producción de flores es el doble en individuos que se encuentran fuera de bosque que en individuos

dentro de bosques, por lo tanto los polinizadores tienen visitas más frecuentes en estos individuos por la abundancia de flores.

Quesada, Herrerías, Lobo, Sánchez, Rosas y Aguilar (2013), realizaron un estudio en donde determinaron que los árboles de ceiba que se encuentran fuera de bosque presentan más estructura genética de polen que los árboles de ceiba que se encuentran dentro de bosque y por esta razón las dos especies de murciélagos polinizadores visitan más los árboles fuera de bosque que a los árboles dentro de bosque, por lo tanto la polinización es mayor en árboles aislados.

Pagaza y Fernández (2004), indican que la ceiba pierde totalmente las hojas antes de la floración al inicio de la época seca; florece de noviembre a mayo, aunque principalmente entre marzo y mayo.

De acuerdo con Baker (1991), los árboles de ceiba tienen una floración y la siguiente fructificación en los meses de enero y febrero y los frutos maduran cerca de 4 a 6 semanas más tarde; estos árboles no florecen todos los años y ha habido de 5 a 10 años entre dos episodios de floración.

Lobo, et al., (2003), determinaron que la floración patrón de la ceiba no es anual ya que los árboles individuales tienen ciclos de floración y fructificación con varios años entre una floración y otra.

2.3.2 Propagación

Según Castillo y Moreno (2000), la ceiba posee un porcentaje de germinación alto, presentando un 82%; sin embargo, también indican que existe una alta tasa de mortalidad de plántulas por pudrición del tallo en los primeros días de su emergencia.

En un estudio realizado por Sánchez y Hernández (2004), la ceiba presentó un 88% de germinación y una sobrevivencia del 100%, documentando porcentajes altos de germinación de la ceiba, sin embargo hacen mención que lo complicado es la obtención

o colecta de semillas ya que los períodos de floración de esta especie son cada 5 o más años.

La ceiba posee germinación epígea, la germinación es bastante rápida alcanzando un 50% en un período menor a 3 semanas y terminando su germinación a los 30 o 40 días (Sánchez y Hernández, 2004).

Para la propagación vegetativa se pueden utilizar estacas provenientes de ramas jóvenes, con diámetro entre 3 y 6 mm y longitud de 4 a 6 cm conservando 2 o más nudos y una hoja superior. Se recomienda el uso de Acido Butírico de 0.8 – 1.16% en polvo o diluido en alcohol como enraizante, introduciendo la base de la estaca por unos segundos e inmediatamente sembrarlas en un sustrato franco arenoso (Avendaño, 1998).

2.3.3 Hábitat

Con frecuencia crece en terrenos talados y abandonados y a lo largo de los caminos. Se desarrolla en gran variedad de condiciones edáficas, desde suelos arenosos con drenaje muy rápido hasta suelos arcillosos e inundables parte del año. Prospera en terrenos calizos cársticos sobre roca madre de origen volcánico, a menudo sobre litosoles. Suelos: calcáreo, neutro, inundado (Carranza y Blanco, 2000).

Según Pagaza y Fernández (2004), la ceiba crece en lugares que varían desde secos hasta muy húmedos, desde el nivel del mar hasta los 4,000 pies de altura y donde la temporada seca dura hasta cuatro meses. Los árboles crecen más rápido y se desarrollan óptimamente hasta los 1500 pies de altura, en sitios con abundante lluvia durante el periodo de crecimiento y donde la época seca dura desde la floración hasta la maduración de las frutas.

La ceiba requiere buen sol para crecer vigorosamente y por eso es más común en lugares abiertos, tales como riberas de ríos y quebradas (donde además consigue abundante agua), predios deforestados, terrenos baldíos y claros naturales en el bosque. Sin embargo, también puede crecer en lugares con sombra (Pagaza y Fernández, 2004).

2.3.4 Usos

La ceiba es un árbol con excelentes propiedades medicinales que se utiliza de la raíz a la copa. La raíz se puede consumir a manera de jícama, y la corteza tiene propiedades para aliviar enfermedades del riñón, del tracto digestivo, o para curar heridas que no sanan por estar infectadas. Se probó que inhibe el crecimiento de bacterias y hongos causantes de infecciones en la piel (Avendaño, et al., 2006).

La corteza se utiliza en la medicina tradicional en San Rafael, Coxcatlán, Puebla, México para el tratamiento de la diabetes, enfermedades renales, tumores, gastritis, y las heridas (Canales, Hernández, Caballero, Ávila, Duran y Lira, 2005).

Los frutos contienen una fibra y gran cantidad de semillas nutritivas y de buen sabor. Los frutos producen una fibra que se puede utilizar en lugar de algodón para cubrir heridas; según ensayos preliminares, esa fibra tiene compuestos que inhiben el crecimiento de bacterias que infectan lesiones, además esa fibra puede ser utilizada para rellenar almohadas y colchones (Avendaño, et al., 2006).

La madera se utiliza en construcciones livianas como tablillas para cielos rasos y paredes, elaboración de cajones, canoas y palillos, las hojas y retoños son alimento para cabras, el aceite de las semillas se utiliza como combustible de lámparas y en la fabricación de jabones (Vázquez, Muñoz, Silva, Díaz y Dirso, 1998).

La madera de esta especie se caracteriza por ser de baja densidad y resistencia mecánica, por lo cual se usa en construcción ligera, material de empaque, chapa, contra chapas, capas interiores de tableros laminados, aislante térmico, absorción acústica, acabados de interiores, cajas mortuorias, pulpa y papel (Roldán, 2006).

2.4 PROPAGACIÓN ASEXUAL

Según Hartmann y Kester (1988), citados por Gómez (2013), la propagación asexual o vegetativa es posible debido a que todas las células poseen toda la información genética necesaria para regenerar el organismo completo. Al poseer la misma información

genética, la planta originada va a tener las mismas características que la planta de la cual fue tomada, ya que se duplica exactamente su genotipo y se mantiene en la misma condición fisiológica y genética del árbol padre, en la parte propagada.

De acuerdo con Lederman (1997), citado por Mazariegos (2011), la propagación asexual o vegetativa, es la capacidad que tienen algunos órganos vegetativos de regenerar parte de la planta y formar un nuevo individuo independiente, a través de la mitosis ya que la planta posee los genes necesarios para su crecimiento y desarrollo. Aunque las especies que se propagan de esta manera se encuentran limitadas al medio ambiente en el que están adaptadas.

Según Van y Lecourcur (1989), citados por Mazariegos (2011), el órgano que se utiliza puede ser una rama o un simple brote desprovisto de raíces; también puede ser una hoja de fragmentos sin brotes y hasta una simple hoja puede en algunos casos reproducir raíces y brotes.

2.4.1 Propagación por estacas

Una estaca es cualquier parte de la planta obtenida a partir de las ramas, tallos o incluso de las raíces y hojas que colocadas en las oportunas condiciones ambientales es capaz de emitir raíz y brotes (Gómez, 2013).

De acuerdo con Hartmann y Kester (1988), citados por Guillén (2006), las estacas se pueden clasificar de acuerdo a la parte de la planta de donde proceden, así que puede haber estacas de tallo, de hoja, de yema y de raíz.

Se entiende como rebrote o retoño, los vástagos o ramas nuevas que produce la planta y como rebrotar o rebrotación a la capacidad de regenerar órganos vegetativos a partir de retoños, brotes o rebrotes provenientes de cepa o raíz (Vita, 1996).

Las zonas o estructuras capaces de emitir rebrotes o reiterar la unidad arquitectural o morfogenética varían con las especies, algunas sólo lo hacen en la copa y en la parte

superior del tronco (generalmente coníferas) y otras son capaces de emitir rebrotes desde la cepa en la base del fuste y las raíces, como ocurre en las latifoliadas y algunas coníferas (Bellefontaine, Edelins, Ichaou, Laurens, Monsarrat y Loquai, 2000).

Una práctica recomendable para el propagador es el establecimiento de bloques de plantas progenitoras como fuente del material a multiplicar, donde se mantengan plantas madres libres de parásitos, uniformes y fieles al tipo, en las condiciones nutritivas adecuadas para lograr el mejor enraizamiento de las estacas tomadas de ellas (Guillén, 2006).

La clave de una buena estaca es poseer plantas madres de buena calidad, estas deben ser plantas sanas y sostenidas a un manejo distinto en donde se pueda tener garantizada la producción continua de tallos para luego obtener las estacas que se llevarán a plantar para propagar el resto de las plantas. Los brotes pueden ser recolectados cada dos o tres meses. El manejo de las plantas madres debe contener fertilizaciones reguladas y frecuentes, además de un buen seguimiento al riego y a cualquier ataque de plagas (Montoya, 2002).

Los rebrotes o estacas se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de yema que origina la nueva planta

a. Rebrotos adventicios u oportunistas

Son aquellos rebrotes que se originan de yemas adventicias, desnudas o accesorias, es decir, en tejidos diferenciados, sobre la zona meristemática del cambium (Cameratti, 1969; citado por Toledo, 2005).

Muchas yemas adventicias se originan a partir del parénquima floemático o rayos iniciales del cambium vascular, siendo oportunistas y de rápida aparición, evolucionando a rebrotes tan pronto han sido activadas (Vita, 1996)

b. Rebrotos epicórmicos o proventicios

Según Cameratti (1969), citado por Toledo (2005), son aquellos rebrotos que se originan de yemas epicórmicas, proventicias, preformadas, latentes o durmientes. La Figura 1 muestra el origen y la forma de los rebrotos epicórmicos. Este tipo de yemas se desarrollan alrededor de la superficie perimetral de tocón; son de origen endógeno y están conectadas con el xilema primario y se mueven hacia fuera en la medida que el árbol crece en radio cada año. Dichas yemas generan una gran cantidad de rebrotos, conformando así, un nudo epicórmico (Estévez, 1994).

Los rebrotos de origen epicórmico suelen ser de mejor calidad, en cuanto al desarrollo y sobrevivencia, que aquellos provenientes de yemas adventicias (Vita, 1996), siendo muy abundantes en *Eucalyptus globulus* (Cameratti, 1969; citado por Toledo, 2005).

Cuando no existen las condiciones fisiológicas que activen las yemas epicórmicas o durmientes, estas desaparecen paulatinamente aisladas o englobadas por formaciones de súber, floema, cambium, y finalmente de leño (Vita, 1996).

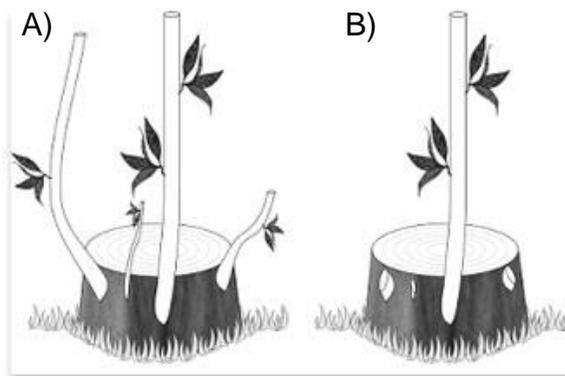


Figura 1. Tocones con regeneración con rebrotos sin selección (A) y rebrote seleccionado (B).

2.4.2 Obtención de estacas

Según Hocker (1984), citado por Mazariegos (2011), para obtener y manipular adecuadamente las estacas deben tomarse en cuenta varios factores: la alta humedad del aire, la intensidad moderada de luz, con temperaturas estables, un medio favorable

de enraizamiento, y una protección adecuada contra el viento, las plagas y las enfermedades. Es importante, sobre todo, evitar la deshidratación, debido a que los cortes con hojas pierden rápidamente agua por medio de la transpiración, aun cuando exista una alta humedad relativa; y es que, como no tienen raíces, la absorción de agua es mucho más lenta, y esto afecta el estado de hidratación de la estaca.

2.5 HORMONAS VEGETALES Y REGULADORES DE CRECIMIENTO

Se entiende por hormonas vegetales aquellas sustancias que son sintetizadas en un determinado lugar de la planta y se traslocan, donde actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento, y desarrollo vegetal. El término sustancias reguladoras del crecimiento es más general y abarca a las sustancias tanto de origen natural como sintetizadas en laboratorio que determinan respuestas a nivel de crecimiento, metabolismo o desarrollo en la planta, las hormonas vegetales se clasifican en cinco grupos: auxinas, citokininas, giberelinas, etileno, ácido abscisico (Mitchell y Livingston, 1973; citados por Mazariegos, 2011).

De acuerdo con Weaver (1985), citado por Ovalle (2010), las auxinas que son producidas por la misma planta se les llama naturales tal es el caso del AIA (Ácido indolacético), el cual se detecta en varios tejidos vegetales y el IAN (Indolacetonitrilo) extraído de hojas y tallos de plantas superiores de crecimiento rápido.

Ovalle (2010), indica que las auxinas son los reguladores de crecimiento más utilizados para estimular el enraizamiento de las plantas. Dentro de las auxinas sintéticas se conocen dos productos como los que proporcionan mejores resultados estos son: ácido indolbutírico (AIB) y el ácido naftalenacético (ANA), el primero es un compuesto persistente que se retiene cerca del sitio de aplicación ya que se desplaza muy poco y por lo cual es muy efectivo.

Según García (2007), el objetivo de tratar con sustancias reguladoras del crecimiento (hormonas) es aumentar el porcentaje de esquejes que forman raíces y aumentar la uniformidad del enraizamiento. Las sustancias químicas que se han encontrado como

más efectivas para estimular la producción de raíces adventicias en esquejes son el ácido indolbutírico y el ácido naftalenacético. El ácido indolbutírico es probablemente el mejor material para uso general debido a que no es tóxico para las plantas en una amplia gama de concentraciones y es efectivo para estimular el enraizamiento en un gran número de especies de plantas.

Según Mendoza (2008), citado por Mazariegos (2011), el ácido 3-indolbutírico 98% posee un aspecto de polvo cristalino blanco o levemente amarillento de olor suave característico a la solubilidad difícilmente en agua y cloroformo, es soluble en alcohol (éter etílico y acetona), tiene un punto de fusión de 121-124 °C es utilizado en experiencias de laboratorio en el campo de la fisiología, metabolismo y regulación del crecimiento de las plantas.

Existen diferentes métodos de aplicación de los productos, describiendo para este estudio los dos principales.

2.5.1 Método de espolvoreado:

Weaver (1985), citado por Ovalle (2010), define que este método consiste en mezclar un producto con algún polvo fino inerte (talco) según la concentración a aplicar, que varía de 200 a 5,000 ppm (dependiendo de la consistencia de la estaca). El polvo se aplica en el área basal humedecida con agua, de las estacas y luego se coloca en el medio de enraizamiento. Una de las desventajas de este método es que el polvo se puede desprender de la estaca al insertarla en el sustrato y además que el exceso de polvo en el área basal puede ocasionar toxicidad.

2.5.2 Método de inmersión rápida:

De acuerdo con Weaver (1985), citado por Ovalle (2010), este método consiste en sumergir durante 5 segundos los extremos basales de las estacas en una solución concentrada (500 – 10,000 ppm) del producto químico en alcohol isopropílico al 75%. Una vez absorbido el producto, las estacas se colocan en el medio de enraizamiento. Es un método ventajoso porque requiere de menos equipo que en los otros dos métodos y

que la misma solución puede usarse repetidas veces siempre y cuando sellen herméticamente para evitar la evaporación del alcohol.

2.6 CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS

Para un enraizamiento adecuado es muy importante que haya agua disponible. Un sustrato demasiado seco hace que las células se mueran más rápidamente. El mayor número de células muertas aumenta el riesgo de podredumbre de la raíz. El sustrato demasiado seco favorece la formación de callos. A menudo se cree, erróneamente, que los callos facilitan el enraizado (Barillas, 2015).

Según Calderón (2000), citado por Barillas (2015), para contrarrestar una evaporación demasiado intensa, es importante controlar la temperatura. La temperatura del suelo tiene una influencia directa sobre la velocidad con que se desarrollan las raíces. Al principio de la fase de enraizado la temperatura ideal del suelo es de entre 20 y 25 °C, después puede descender algunos grados. Para frenar un poco el crecimiento por encima de la tierra, la temperatura del aire debe ser algo inferior a la del suelo. Al principio el esqueje deberá concentrarse en la producción de raíces.

La luz (solar) comporta elevadas temperaturas por lo tanto se debe ser cuidadosos. La luz es necesaria para la fotosíntesis. El esqueje sin raíces aún no puede realizar mucha fotosíntesis y por lo tanto con poca luz tiene suficiente. Es mucho más importante proporcionarle un largo período de luz diario (por lo menos 16 o 18 horas) que darle mucha intensidad de luz, que comporta una temperatura elevada. Si es necesario, el periodo lumínico se puede prolongar con luz artificial (Calderón, 2000; citado por Barillas, 2015).

Según Badilla y Murillo (2005), el riego en el invernadero debe ser preferiblemente nebulizado y automático. Si se trabaja con bandejas plásticas y de sustrato arena, un programa de riego adecuado debe mojar unas tres veces al día, con una duración de un minuto cada vez. En días muy soleados, calurosos o ventosos, el riego deberá aumentar su frecuencia máximo 5 veces al día.

Así mismo Badilla y Murillo (2005), indican que en los días lluviosos y con una alta humedad relativa, el riego debe disminuir su frecuencia a una vez al día o quizá cada dos días. Con esto se busca eliminar un exceso de humedad en el medio de enraizamiento. En caso de no contarse con un sistema de riego, se aplica en forma manual con ayuda de una bomba de espalda. Si se realiza el enraizamiento en pellets, entonces el riego debe disminuir considerablemente, hasta 1 mojada/día con una duración de 30 segundos a 1 minuto. También la bomba de espalda es una opción en caso de tener fallas con el sistema de riego automático, mojando generosamente por unos 10-20 segundos cada bandeja.

Una estaca que no puede formar raíces en condiciones óptimas, pierde energía inútilmente. A consecuencia de ello toda la estructura de raíces elaborada es peor. Para poder desarrollar su propia energía, la planta necesita sobre todo agua, temperatura y luz, así como otros factores importantes para que enraícen (Montoya, 2002).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo con Louman, Quirós y Nilsson (2001), la *Ceiba aesculifolia* pertenece al grupo ecológico de las heliófitas durables, significa que requiere altos niveles de luz para poder establecerse y sobrevivir, esta característica hace que las semillas mantengan su viabilidad por menos tiempo.

Según Madrid (2016), uno de los principales problemas de la ceiba es su recuperación y su sostenibilidad en el tiempo, muchos usuarios de INAB que trabajan esta especie tienen el inconveniente de la recuperación argumentando que la obtención de semilla es bastante limitada debido a que la floración de la ceiba no se da en periodos anuales si no cada 3 o más años.

Concordando con los comentarios anteriores, Baker (1991) menciona que la especie *Ceiba aesculifolia*, no florece todos los años, por lo que la reproducción sexual (por medio de semillas) se ve limitada, documentando en algunos sitios periodos de floración entre 5 a 10 años, dependiendo del sitio.

Significa que, si un árbol produjo semillas este año, se tiene que esperar por lo menos 5 años más para que ese mismo individuo vuelva a producir semillas, lo cual representa una complicación en la obtención de semillas y por ende en la reproducción sexual, el problema se agrava más cuando se desea obtener semilla certificada pues al registrar un árbol como fuente semillera obtendremos semilla certificada cada cinco o más años.

Para obtener resultados favorables de germinación de las semillas de ceiba, éstas deben ser cortadas del árbol antes de que el fruto presente su dehiscencia, porque una vez que las semillas caen al suelo los porcentajes de germinación son bastante bajos. Esta condición representa un problema importante, debido que la especie alcanza alturas bastante grandes (árboles maduros) que dificulta la colecta de sus frutos y semillas.

Debido a la dificultad que presenta la ceiba para ser reproducida por semillas, en la actualidad en Guatemala no se cuenta con registros de plantaciones voluntarias existentes, además esto representa un problema cuando se trata de recuperar la especie por motivos de compromisos de reforestación o plantaciones obligatorias que son producto de licencias de aprovechamiento que el Instituto Nacional de Bosques y el Consejo Nacional de Áreas Protegidas han emitido.

3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

De acuerdo con SIFGUA (2016a), desde que se inicia a aprovechar y comercializar la ceiba en Guatemala a la fecha se han autorizado más de 41,500 metros cúbicos, a través de licencias forestales y exentos por el Instituto Nacional de Bosques INAB y 222.52 metros cúbicos autorizados por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP, los cuales terminan siendo transformados por las industrias forestales en diferentes productos como plywood, cajas mortuorias, tableros de aglomerados, construcciones livianas, entre otros, tanto para el mercado nacional como internacional.

La autorización de aprovechamientos de esta especie por parte del INAB Y CONAP se basa en que se realicen bajo el principio de manejo forestal sostenible el cual se define según Moura (1999), como el aprovechamiento de los productos deseados y de los servicios ambientales que provee el bosque, sin reducir sus valores inherentes ni su productividad futura, de tal manera que las futuras generaciones tengan la oportunidad de disfrutar una medida de consumo igual a la de las generaciones presentes.

Esta tendencia de aprovechamientos y uso que actualmente se da a la madera de esta especie, indica que en Guatemala se seguirán autorizando aprovechamientos, con el fin de contribuir con la economía del país. Sin embargo, por el problema que representa la reproducción sexual de ceiba, es importante contar con un mecanismo de propagación (asexual) adecuado para lograr manejar la especie de manera sostenible y que sea rentable.

Al lograr una reproducción de ceiba por medio de estacas que muestren características deseadas para convertirse en nuevas plantas se fomentará la propagación y reproducción de la especie, además de la recuperación de las áreas donde se ha cosechado la especie. Contar con estos mecanismos de reproducción adecuada de la especie, favorece en la factibilidad de implementar proyectos de reforestación con ceiba, contribuyendo con empresas, instituciones, asociaciones, personas individuales, silvicultores y propietarios de fincas, para manejarla y mantener la sostenibilidad de la misma, cumpliendo con las plantaciones obligatorias y fomentar el establecimiento de plantaciones voluntarias, para que las futuras generaciones de Guatemala gocen de los bienes y servicios que la ceiba brinda.

Por lo anterior expuesto, en la presente investigación se evaluaron cuatro concentraciones de ácido indolbutírico y dos tipos de estacas para la propagación asexual de la ceiba, con la finalidad de aportar un método para la obtención de plántulas provenientes de estacas enraizadas y rebrotadas para el establecimiento de futuras plantaciones forestales de esta especie.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el efecto de cuatro niveles de concentración de ácido indolbutírico en dos diferentes tipos de estacas para la reproducción asexual de ceiba (*Ceiba aesculifolia*) en invernadero.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar cuál de los dos tipos de estacas evaluados, es el más apropiado para la reproducción asexual de ceiba (*Ceiba aesculifolia*).
- Determinar la concentración de ácido indolbutírico más apropiada para favorecer el enraizamiento de estacas de ceiba (*Ceiba aesculifolia*) según el tipo de estas.
- Evaluar el costo de la reproducción asexual de los diferentes tratamientos evaluados para la reproducción asexual de ceiba (*Ceiba aesculifolia*).

5. HIPOTESIS

5.1 HIPÓTESIS ALTERNATIVA

- Uno de los dos tipos de estacas evaluados, presentará mejores resultados en el enraizamiento de ceiba, en el sustrato evaluado dentro del invernadero.
- Al menos una de las concentraciones de ácido indolbutírico favorecerá la estimulación de un sistema radicular en las estacas de ceiba.

5.2 HIPÓTESIS NULA

- Los dos tipos de estacas evaluados no presentan diferencias en los resultados del enraizamiento de ceiba, en el sustrato evaluado dentro del invernadero.
- Ninguna de las concentraciones de ácido indolbutírico favorece la estimulación de un sistema radicular en las estacas de ceiba.

6. METODOLOGÍA

6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

La evaluación se realizó en el municipio de Fray Bartolomé de las Casas, localizado al norte del departamento de Alta Verapaz en Guatemala, en las coordenadas geográficas 15°50' 44" latitud Norte y 89°51' 57", longitud Oeste; se encuentra a una altitud de 146 metros sobre el nivel del mar (Sinaj, 2007). Colinda al norte: con el municipio de San Luis, Petén; al sur: con los municipios de Santa María Cahabón y San Pedro Carchá, Alta Verapaz, al Oriente con los municipios de San Luis, Petén y Chahal, Alta Verapaz y al Occidente con el municipio de Raxruhá, Alta Verapaz (Figura 2).

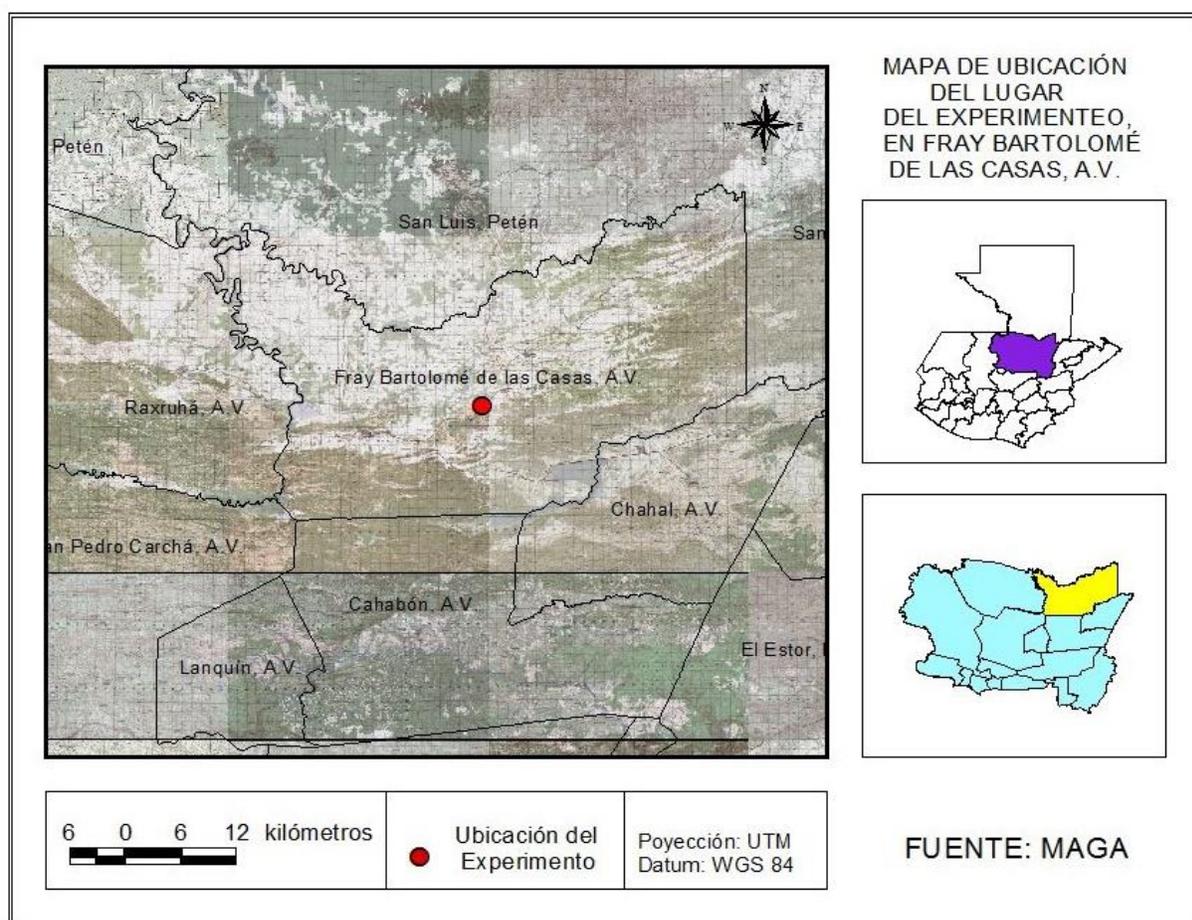


Figura 2. Mapa de ubicación del lugar donde se estableció el experimento, en el municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

El clima predominante en la zona de estudio es cálido húmedo, aunque en los meses de diciembre y enero existe una pequeña variante a templado con tendencia a frío. Se encuentran bien definidas dos estaciones: época seca, en los meses de marzo, abril y mayo y la época lluviosa el resto del año. La temperatura promedio observada en el municipio es de 25°C, con una mínima extrema de 14°C y máxima extrema de 38°C. La precipitación pluvial dura de 8 a 9 meses, con valores entre 2,000 a 3,000 milímetros anuales, los vientos corren del noreste al sur (Sinaj, 2007).

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Se utilizaron estacas de ceiba de la especie *Ceiba aesculifolia*, las cuales tenían procedencia de dos tipos de rebrotes según la yema que los origina, tomando en cuenta que las plantas productoras tenían características deseables con relación al estado fitosanitario, crecimiento y desarrollo.

Los dos tipos de estacas utilizadas provienen de rebrotes adventicios u oportunistas y de rebrotes epicórmicos o proventicios.

6.3 FACTORES ESTUDIADOS

El experimento es un factorial, con dos factores objeto de evaluación, siendo estos:

FACTOR A: Tipos de estacas de *Ceiba aesculifolia*

FACTOR B: Concentraciones de ácido 3-indolbutírico al 98%

6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos evaluados en total fueron 8, tomando como referencia dos niveles del factor A y cuatro niveles del factor B. Los dos niveles del factor A son dos tipos de estacas de *Ceiba aesculifolia*, correspondiendo a estacas de rebrotes adventicios y rebrotes epicórmicos. Los cuatro niveles del factor B son cuatro diferentes concentraciones de ácido 3-indolbutírico al 98%, con el fin de evaluar la reproducción asexual de la especie.

En el Cuadro 1, se presenta el detalle de los tratamientos evaluados.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en la reproducción asexual de *Ceiba aesculifolia*.

Tratamiento	Tipo de estaca	Concentración (ppm)
T1	De rebrote adventicio	0
T2	De rebrote adventicio	1000
T3	De rebrote adventicio	2000
T4	De rebrote adventicio	3000
T5	De rebrote epicórmico	0
T6	De rebrote epicórmico	1000
T7	De rebrote epicórmico	2000
T8	De rebrote epicórmico	3000

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño estadístico utilizado para la evaluación de los factores fue un Bifactorial P*Q completamente al azar. Según López y González (2014), en este tipo de diseño están incluidos los principios de repetición y de aleatorización, o sea que, es utilizado cuando no hay necesidad del control local, debido a que el ambiente experimental y las condiciones de manejo son homogéneos y los tratamientos se asignan a las unidades experimentales mediante una aleatorización completa, sin ninguna restricción. La decisión del uso de este diseño fue por la utilización de un invernadero para montar el experimento en el interior de este.

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico utilizado para este diseño experimental, tomando en cuenta que no fue necesario bloquear alguna gradiente, fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk}$$

}

i = efecto del tipo de estaca

j = efecto de la dosis de ácido indolbutirico 1, 2, 3, 4

En donde la variable respuesta, está en función de la media general (μ), del efecto del i -ésimo nivel del factor A, del efecto del j -ésimo nivel del factor B, de la posible interacción entre los factores A y B y del error experimental asociado a la ijk -ésima unidad experimental.

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

Para evaluar los 8 tratamientos, con 4 repeticiones cada uno, se establecieron un total de 32 unidades experimentales. Según López y González (2014), la unidad experimental es determinada por la propia naturaleza del material experimental, se llama parcela a la unidad experimental usada y que recibirá un tratamiento. En el invernadero se estableció como el tamaño de la unidad experimental la conformada por 10 estacas.

6.8 CROQUIS DE CAMPO

Dentro del invernadero, se distribuyeron los tratamientos de forma aleatoria (tratamientos y repeticiones), distribuidos en 8 cajas de madera. En cada una de las cajas de madera se establecieron 4 unidades experimentales, como se observa en la figura 3.

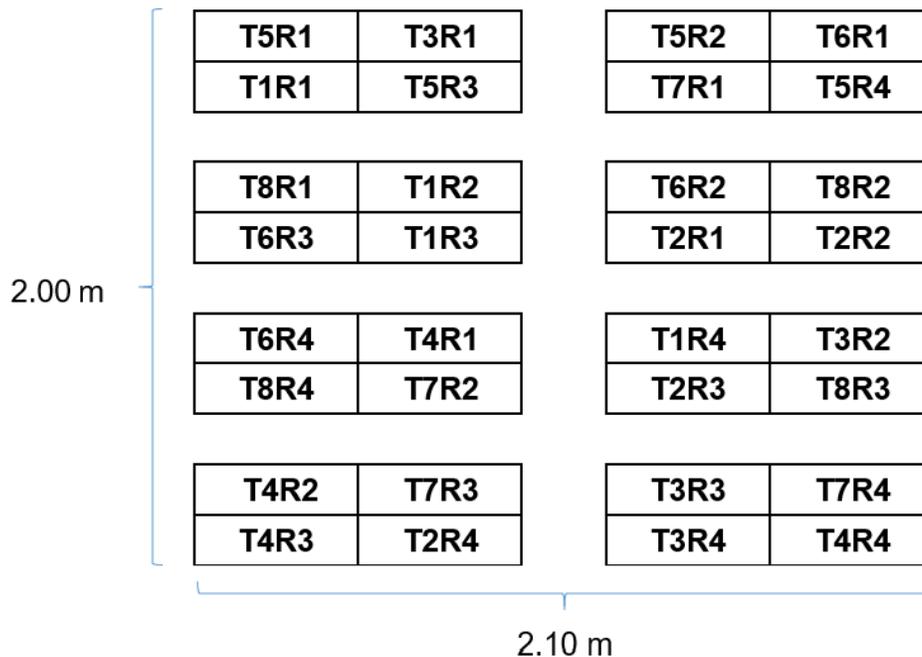


Figura 3. Distribución de las unidades experimentales dentro del invernadero completamente al azar.

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

Con la finalidad de detallar el desarrollo del experimento se presenta en esta parte por separado el montaje y desarrollo de este.

6.9.1 Elaboración del invernadero

Para la elaboración del experimento se realizó un invernadero casero que consistió de 20 metros cuadrados con las dimensiones de 5 x 4 metros, para lo cual se utilizaron 8 pares de madera que cumplieron la función de la base principal y alrededor de 22 reglas que cumplieron la función de sostén del Nylon especial para invernaderos, se le dejó un desnivel de 40 centímetros para la caída del agua de lluvia, dejándole también entradas de aire por la parte superior y una puerta para ingreso y egreso al mismo. De esta manera se crearon condiciones controladas u homogéneas de temperatura, agua, luz y viento las cuales favorecieron el enraizamiento y desarrollo posterior de las estacas.

6.9.2 Preparación de las camas germinadoras

Dentro del invernadero se establecieron camas germinadoras en las cuales se colocaron las cajas que contenían las estacas, para la elaboración de las camas se utilizaron polines de 0.80 metros de largo los cuales se enterraron 0.30 metros y quedaron 0.50 metros arriba del nivel del suelo en donde se clavaron reglas que cumplían la función de sostén de las cajas. Las camas tenían las medidas de 2 metros de largo, por 0.80 m de ancho y 0.50 m de altura.

6.9.3 Preparación de la mezcla

Para la mezcla se utilizó una relación de 60% de tierra negra y 40% de arena pómez, desinfectándola con agua caliente después de que ya estaba hecha la mezcla.

6.9.4 Llenado de cajas

El llenado de las cajas se realizó luego de haber preparado la mezcla, por las medidas que tenían las mismas, a cada una se le aplicó una cantidad de 0.08 metros cúbicos de mezcla, en cada caja se sembraron cuatro unidades experimentales por lo que se utilizó un total de ocho. La figura 4 muestra las dimensiones de las cajas y las divisiones que cada una poseía, es importante mencionar que a las cajas se les realizaron agujeros en la parte inferior para la salida del agua de riego.

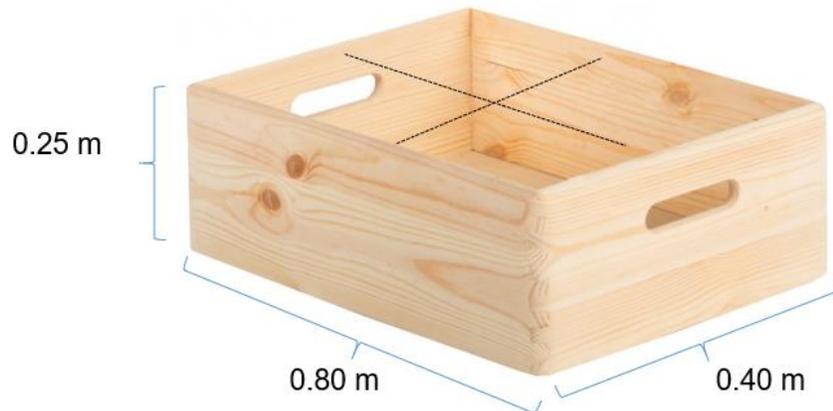


Figura 4. Diseño de las cajas que se utilizaron para la siembra de las estacas.

6.9.5 Selección de las plantas productoras de las estacas

Las plantas productoras fueron seleccionadas de una plantación de *Ceiba aesculifolia*, la cual contaba con plantas representativas de la zona de vida y que llenaban los requisitos de calidad, sanidad y buena forma, con el fin de garantizar la sanidad de las estacas y la calidad de las plantas a producir, se seleccionaron un total de 30 plantas que cumplían con dichos requisitos y se les realizó la extracción de ambos tipos de estacas.

Para obtener los rebrotes adventicios solo se seleccionaron los que ya estaban formados y que cumplían los requisitos de una buena estaca sin embargo para las estacas o rebrotes epicórmicos fue necesario preparar cada planta productora 2 meses antes para que se formaran los rebrotes para su posterior selección.

6.9.6 Corte del material vegetativo

Uno de los factores que se evaluaron fue el tipo de estacas, las cuales se obtuvieron de dos tipos de yemas, que eran rebrotes adventicios u oportunistas y rebrotes epicórmicos o proventicios, estas se seleccionaron de las plantas productoras. El tamaño de cada estaca fue de 15 centímetros de largo y aproximadamente 1 centímetro de diámetro en la parte basal, el corte se realizó sesgado. La Figura 5 muestra el tamaño y la forma que tenían las estacas, por lo que para las 32 unidades experimentales se cortaron un total de 320 estacas, 160 de cada tipo.

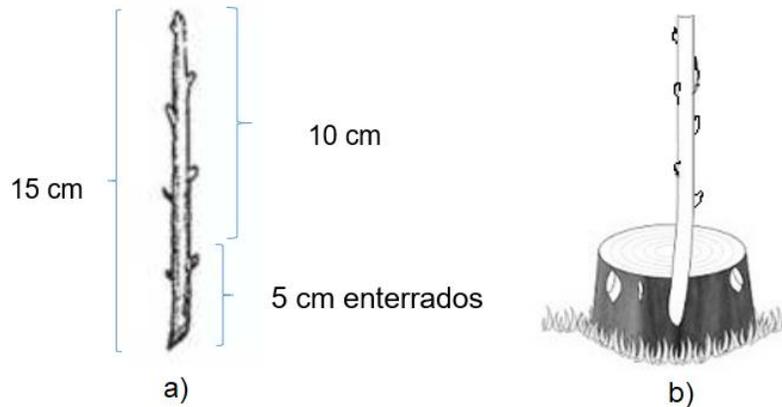


Figura 5. Tamaño de estacas utilizadas, de rebrote adventicio (a) y de rebrote epicórmico (b).

6.9.7 Almacenamiento y transporte del material vegetativo

Debido a que las plantas productoras no se encontraban en el mismo lugar del experimento, al momento de realizar los cortes de las estacas fue necesario almacenarlas en una hielera con papel mojado para posteriormente realizar el traslado y así evitar que estas se deshidrataran durante el transporte.

6.9.8 Desinfección de las estacas

Una vez cortadas las estacas para realizar la siembra y antes de aplicarles la hormona enraizadora, éstas fueron sumergidas en una solución con Kilol (5 cc/litro) con el fin de realizar su desinfección. Esta recomendación se efectuó en base a lo que menciona Badilla y Murillo (2005), que las estacas pueden permanecer desde 2 hasta 30 minutos en esta solución.

6.9.9 Preparación de las Concentraciones

Las cantidades de miligramos de ácido 3- indolbutírico 98% se disolvieron en alcohol isopropílico al 75%, utilizando 0.5 litros de alcohol para cada concentración de la manera siguiente:

- **Para 1000 ppm**

1000 mg de ácido (al 98%) x 0.5 Litros de alcohol = 500 mg de ácido (al 98%)

1 litro de alcohol

500 mg de ácido (98%) x 100 mg de ácido puro = **510 mg de ácido comercial**
98 mg de ácido (al 98%)

- **Para 2000 ppm**

2000 mg de ácido (al 98%) x 0.5 Litros de alcohol = 1000 mg de ácido (al 98%)

1 Litro de alcohol

1000 mg de ácido (98%) x 100 mg de ácido puro = **1020 mg de ácido comercial**
98 mg de ácido (al 98%)

- **Para 3000 ppm**

3000 mg de ácido (al 98%) x 0.5 Litros de alcohol = 1500 mg de ácido (al 98%)

1 Litro de alcohol

1500 md de ácido (98%) x 100 mg de ácido puro = **1530 mg de ácido comercial**
98 mg de ácido (al 98%)

6.9.10 Aplicación de la hormona enraizadora

Las estacas se clasificaron de acuerdo a cada tipo y dosis a aplicar de la hormona para formar los ocho tratamientos con sus respectivas repeticiones, luego se aplicó por medio de inmersión rápida (durante 5 segundos) la concentración preparada de acuerdo a la dosis a cada estaca, aplicándosele aproximadamente en un centímetro de la base de cada una.

6.9.11 Siembra

Una vez impregnadas las estacas se esperó 3 segundos aproximadamente para que la hormona enraizadora se adhiriera bien a las estacas y luego se sembraron. Las estacas

se sembraron en dos hileras a un distanciamiento de 8 centímetros entre estaca y 10 centímetros entre hilera, enterrándolas 5 centímetros de su base.

6.9.12 Sistema de riego

Para obtener un buen riego dentro del invernadero se estableció un sistema de riego con cuatro nebulizadores para que se tuvieran bien hidratadas a las estacas durante el tiempo del enraizamiento, la frecuencia del riego dependía de que tan soleados o lluviosos estaban los días durante el experimento. Básicamente cuando los días eran soleados se regaba cuatro veces al día dos por la mañana y dos por la tarde, con una frecuencia de 15 minutos por riego y cuando los días eran lluviosos se regaban dos veces al día una por la mañana y una por la tarde con la misma frecuencia. La figura 6 muestra los nebulizadores utilizados para aplicar el riego.



Figura 6. Nebulizadores instalados dentro del invernadero antes de establecer el experimento.

6.9.13 Toma de datos

Una vez que se sembraron las estacas se tuvo un estricto control y protección por medio de inspecciones diarias para ver el estado de las estacas y no se dejó que sufrieran deshidratación ni daños por factores externos.

Para darle cumplimiento a los objetivos de la investigación, fue necesario determinar cuál de los dos tipos de estacas emitió más y mejores rebrotes, evaluando la cantidad y la calidad de los mismos, para lo cual se realizaron 3 lecturas o toma de datos, la primera a los 30 días después de la siembra, la segunda a los 40 días y una lectura más a los 50 días después de la siembra, sin sacar las estacas del sustrato o mezcla ya que hasta ese tiempo solo se evaluaron rebrotes, de acuerdo a las variables respuesta de número de estacas con rebrote y calidad del rebrote.

Para determinar que concentración de ácido indolbutírico favoreció más el enraizamiento de las estacas y en qué tipo de estacas, se realizaron tres lecturas a los 70 días después de la siembra para lo cual fue necesario sacar las estacas del sustrato o mezcla y así proceder a la toma de datos de acuerdo a las variables respuesta de número de estacas enraizadas, número de raíces por estaca y peso de raíces.

6.10 VARIABLES DE RESPUESTA

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en la investigación se detallan las variables evaluadas durante el experimento.

6.10.1 Número de estacas con rebrote

Esta variable consistió en el conteo de las estacas ya brotadas en cada unidad experimental, representándolas para cada tratamiento y cada repetición de la escala de 1 a 10, la cuantificación de esta variable respuesta se realizó a los 30 y 40 días después de la siembra.

6.10.2 Calidad del rebrote

La manera en que se evaluó esta variable respuesta fue en cuantificar la cantidad de brotes sobre las estacas y la cantidad de hojas sobre los rebrotes por cada tratamiento y repetición, aduciendo que mientras más brotes y hojas tenía cada tratamiento sería de mejor calidad, para esta variable no se pudo definir una escala debido a que en algunos tratamientos se mostraron rangos altos de brotes y hojas nuevas, la lectura se realizó a los 50 días después de la siembra.

6.10.3 Número de estacas enraizadas

Consistió en el conteo de las estacas que emitieron raíces en cada unidad experimental, representándolas para cada tratamiento y cada repetición de la escala de 1 a 10, la cuantificación de esta variable respuesta se realizó a los 70 días después de la siembra, para medir esta variable fue necesario realizar la extracción de las estacas del sustrato al finalizar el experimento.

6.10.4 Número de raíces por estaca

Esta variable respuesta consistió en contar la cantidad de raíces por estaca en cada unidad experimental, representándolas para cada tratamiento y cada repetición, para esta variable no se pudo definir una escala debido a que se presentaron rangos bastante altos para los tratamientos donde existió emisión del sistema radicular, el procedimiento consistió en hacer el conteo del total de raíces por cada unidad experimental, la toma de datos se realizó a los 70 días después de la siembra una vez extraídas las estacas, al finalizar el experimento.

6.10.5 Peso de raíces

Consistió en seleccionar todas las estacas que emitieron raíces por cada unidad experimental, luego las raíces se cortaron con tijeras y se pesaron en una balanza analítica para obtener el peso húmedo de las raíces por cada tratamiento y repetición, representándolo en gramos, esta variable también se midió a los 70 días después de la siembra al finalizar el experimento.

6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1 Análisis estadístico

Para dar respuesta a los objetivos 1 y 2 planteados, fue necesario efectuar análisis estadísticos a los datos obtenidos. De acuerdo con López y González (2014), uno de los métodos de análisis de datos provenientes de experimentos es el del análisis de varianza (ANOVA). El análisis de varianza es un proceso aritmético y estadístico que consiste en

descomponer la variación total en fuentes o causas de variación. Para este experimento las causas de variación son los factores y niveles evaluados.

Las diferencias significativas son importantes para la mejor toma de decisiones cuando se realiza una evaluación, sobre todo para identificar si estas poseen una tendencia que ayude a encontrar los mejores resultados. Una de las pruebas post-anova más utilizadas en este tipo de experimentos es la prueba de tukey, que mide la diferencia de los valores de la medias de dos grupos en términos de la varianza intragrupal (Hernández, 2012; citado por Barillas, 2015).

Para esta investigación se realizaron 6 lecturas o toma de datos para darle cumplimiento a los objetivos del experimento, la primera toma de datos se realizó a los 30 días después de la siembra para conocer la variable respuesta del número de estacas brotadas por tratamiento, luego a los 40 días después de la siembra se realizó otra toma de datos evaluando también la cantidad de estacas brotadas. A ambas lecturas se les realizó un análisis de varianza, apoyados en el paquete estadístico para el análisis de datos InfoStat® y al haber encontrado diferencias estadísticas significativas para el factor tipo de estacas y en la interacción entre el factor tipo de estacas más el factor concentración de IBA, se efectuaron pruebas múltiples de medias de Tukey (“p” menor a 0.05).

Se realizó otra toma de datos para conocer la calidad del rebrote de las estacas brotadas, realizando una lectura a los 50 días después de la siembra, lo cual consistió en cuantificar la cantidad brotes sobre las estacas y la cantidad de hojas sobre los rebrotes, sin movilizar las estacas del sustrato, realizándoles también análisis de varianza ANOVA, utilizando el paquete estadístico InfoStat® para el análisis de datos y debido a que se presentaron diferencias estadísticas significativas en el factor tipo de estacas y en la interacción entre el factor tipo de estacas más el factor concentración de IBA fue necesario realizar una prueba múltiple de medias de Tukey (P=0.05).

Por último, a los 70 días después de la siembra, al finalizar el experimento, se realizaron 3 lecturas más para conocer la cantidad de estacas enraizadas, el número de raíces por

estaca y el peso húmedo de raíces. A estas tres lecturas también se les realizó un análisis de varianza ANOVA, utilizando el paquete estadístico InfoStat® para el análisis de datos y debido a que se presentaron diferencias estadísticas significativas en el factor tipo de estacas y en la interacción entre el factor tipo de estacas más el factor concentración de IBA fue necesario realizar una prueba múltiple de medias de Tukey (P=0.05)

6.11.2 Análisis económico

Para cumplir con el objetivo 3, se efectuó para el análisis económico, el costo total por cada tratamiento para determinar cuál de los ocho sería el de mayor rentabilidad y el que presentara mejor relación beneficio-costos. Para este caso, se tomaron en cuenta los costos de producción en base a las actividades que se llevaron a cabo, que básicamente resultaron de los gastos por mano de obra o jornales, materiales e insumos, para contar con la información necesaria durante el desarrollo del experimento se llevaron los respectivos registros económicos.

Las variables evaluadas fueron:

$$R = \frac{IN}{CT} * 100$$

Donde:

R = Rentabilidad

IN = Ingreso neto

CT = Costo total

$$RBC = \frac{IT}{CT}$$

Donde:

RBC = Relación beneficio – costo

IT = Ingreso total

CT = Costo total

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para darle cumplimiento a los objetivos planteados, se analizaron y ordenaron los resultados enfocados en la evaluación y análisis de los dos tipos de estacas para la reproducción asexual de la ceiba, en la evaluación y análisis de las concentraciones de ácido indolbutírico para favorecer el enraizamiento de las estacas, en la evaluación y el análisis de la interacción entre los dos tipos de estacas y las concentraciones de ácido indolbutírico para la reproducción asexual de la ceiba, además se realizó una evaluación económica para cada uno de los tratamientos que constituyeron el experimento. Se hizo énfasis primeramente en la variable respuesta de número de estacas con raíces, ya que de los resultados de esta variable se obtuvieron conclusiones de los objetivos esperados, luego se analizaron los resultados de la variable respuesta de número de raíces por estacas, peso de raíces, número de estacas con rebrotes y por último la calidad de los rebrotes.

7.1 EVALUACIÓN DE LOS DOS TIPOS DE ESTACAS PARA LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL DE LA CEIBA.

7.1.1 Número de estacas con raíces

Esta variable fue de mucha importancia en la investigación ya que de los resultados que presentó dependieron otras dos variables evaluadas como el número de raíces por estacas y el peso de raíces, en el cuadro 2 se presentan los resultados del número de estacas que emitieron raíces a los 70 días de iniciada la investigación.

En el cuadro se puede apreciar que las estacas que presentaron mejores resultados para la variable número de estacas con raíces al finalizar el experimento fueron las estacas epicórmicas, las cuales presentaron un total de 127 estacas con raíces.

Se observa que en las estacas de tipo adventicias también hubieron estacas que presentaron emisión de raíces pero en cantidades menores, dando un total de 40 estacas con raíces para este tipo, estas diferencias pudieron deberse a las características fisiológicas que cada tipo de estacas presenta, ya que las estacas adventicias se originan

a partir del parénquima floemático o rayos iniciales del cambium vascular (Vita, 1996) mientras que las estacas epicórmicas son de origen endógeno y están conectadas con el xilema primario (Estévez, 1994) por lo tanto se atribuye a que las características fisiológicas de cada tipo de estacas influyeron en las diferencias del número de estacas enraizadas.

Cuadro 2. Número de estacas con raíces a los 70 Días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Tratamientos	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
T1	0	0	0	0	0
T2	3	4	3	3	13
T3	1	4	3	3	11
T4	4	3	4	5	16
Total rebrotes adventicios	8	11	10	11	40
T5	6	6	5	5	22
T6	9	8	8	8	33
T7	9	10	10	9	38
T8	7	10	8	9	34
Total rebrotes epicórmicos	31	34	31	31	127

Para evaluar si las diferencias existentes en los dos tipos de estacas enraizadas eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, que se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable número de estacas con raíces, por tipo de estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Estaca	1	236.53	236.53	81.62	0.0001**
Error	30	86.94	2.9		
Total	31	323.47			

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que existen diferencias altamente

significativas en los dos tipos de estacas con relación a la cantidad de estacas enraizadas a los 70 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre los dos tipos de 32.62% de C.V., con respecto a la media de las estacas enraizadas. Esta variabilidad alta se debió a que las estacas adventicias presentaron un valor de 0 en uno de los tratamientos, de esta manera la hipótesis nula se rechaza y se acepta la alternativa, para los dos tipos de estacas.

Debido a que se presentaron diferencias altamente significativas entre los dos tipos de estacas, se procedió a realizar una prueba múltiple de medias de Tukey para conocer qué tipo de estacas fue mejor con relación a la cantidad de estacas enraizadas a los 70 días después de la siembra. El cuadro 4 muestra los resultados de la prueba múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5% con relación a esta variable evaluada.

Cuadro 4. Prueba de Tukey para la variable número de estacas enraizadas, por tipo de estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

Estaca	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey
Epicórmicas	7.94	16	0.43	A
Adventicias	2.5	16	0.43	B

Según la prueba de Tukey se puede observar que las mejores estacas para la emisión de raíces fueron las epicórmicas, las cuales presentaron una media de 7.94 estacas que emitieron raíces, equivalente a un 79.40% de estacas enraizadas comparadas con las estacas adventicias las cuales solo presentaron una media de 2.5 estacas enraizadas, equivalente a un 25% de estacas enraizadas de este tipo.

La figura 7 muestra las medias del número de estacas enraizadas por tipo de estacas a los 70 días después de la siembra.

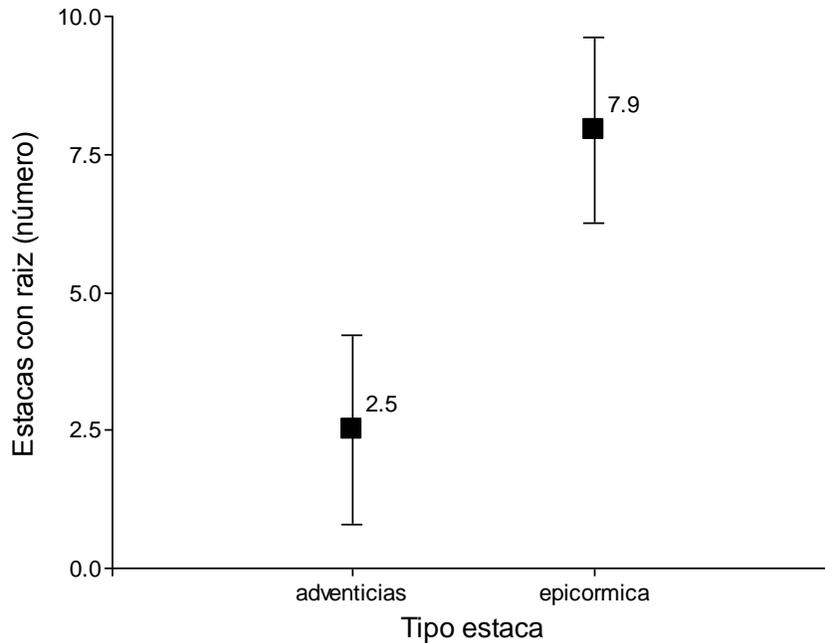


Figura 7. Grafica de puntos para las medias del número de estacas con raíces por cada tipo de estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

7.1.2 Número de raíces por estaca

Esta variable respuesta al igual que el número de estacas enraizadas, fue evaluada al finalizar el experimento, en el cuadro 5 se muestran los resultados del número de raíces por estacas a los 70 días después de la siembra.

Se muestra que las estacas que presentaron mejores resultados para la variable número de raíces por tipo de estacas al finalizar el experimento fueron las estacas epicórmicas, las cuales presentaron un total de 2,372 raíces. Para el caso de las estacas adventicias las cantidades de raíces disminuyeron, debido a que la cantidad de estacas que emitieron raíces para este tipo también fueron menores, produciendo un total de 229 raíces.

Para evaluar si las diferencias existentes en la cantidad de raíces por tipo de estacas eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza. El cuadro 6 muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza con relación a la cantidad de raíces por tipo de estacas a los 70 días después de la siembra.

Cuadro 5. Número raíces por estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Tratamientos	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
T1	0	0	0	0	0
T2	13	28	22	14	77
T3	8	25	11	26	70
T4	31	15	24	12	82
Total rebrotes adventicios	52	68	57	52	229
T5	102	91	70	73	336
T6	158	164	159	167	648
T7	163	179	177	180	699
T8	158	182	176	173	689
Total rebrotes epicórmicos	581	616	582	593	2372

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable respuesta cantidad de raíces por tipo de estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tipo de Estacas	1	143514	143514	169.68	0.0001**
Error	30	25374.44	845.81		
Total	31	168888.5			

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que existen diferencias altamente significativas en los dos tipos de estacas con relación a la cantidad de raíces a los 70 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre los dos tipos de 35.78% de C.V., con respecto a la media de la cantidad de raíces, esta variabilidad alta se debió a que las estacas adventicias presentaron un valor de 0 cantidad raíces en uno de los tratamientos, de esta manera la hipótesis nula se rechaza y se acepta la alternativa, para los dos tipos de estacas.

Debido a que se presentaron diferencias altamente significativas entre los dos tipos de estacas, se procedió a realizar una prueba múltiple de medias de Tukey para conocer qué tipo de estacas fue mejor con relación a al número de raíces a los 70 días después

de la siembra. El cuadro 7 muestra los resultados de la prueba múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5% con relación a esta variable evaluada.

Cuadro 7. Prueba de Tukey para la variable número de raíces por tipo de estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

Tipo de Estacas	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey
Epicórmicas	148.25	16	7.27	A
Adventicias	14.31	16	7.27	B

Según la prueba de Tukey se puede observar que las mejores estacas con relación a la cantidad de raíces fueron las epicórmicas, las cuales presentaron una media de 148.25 raíces, comparadas con las estacas adventicias las cuales solo presentaron una media de 14.31 raíces para este tipo.

De la misma manera que la variable de número de estacas con raíces para esta variable las mejores estacas fueron las epicórmicas, haciendo una relación directamente proporcional entre ambas variables ya que al haber más número de estacas enraizadas, el número de raíces también fue mayor, las condiciones controladas dentro del invernadero favorecieron la formación de raíces en gran número pero solo en las estacas epicórmicas.

7.1.3 Peso de raíces

Esta variable se cuantificó a los 70 días de iniciar el experimento y al finalizar el mismo al igual que las otras dos anteriores, para medir esta variable las raíces se cortaron en su totalidad y se midieron con una balanza analítica. El cuadro 8 muestra los resultados del peso de raíces en gramos a los 70 días después de la siembra.

Se aprecia que las estacas que presentaron mejores resultados para la variable peso de raíces por tipo de estacas al finalizar el experimento fueron las estacas epicórmicas, las cuales presentaron un total de 256 gramos de peso de sus raíces. Se observa, para el caso de las estacas adventicias, un peso de raíces bajo, debido a que la cantidad de

estacas que emitieron raíces y el número de raíces para este tipo también fueron menores, obteniendo un total de 19.5 gramos de peso.

Cuadro 8. Peso de raíces en gramos a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Tratamientos	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
T1	0	0	0	0	0
T2	1	2	2	1	6
T3	0.5	3	1	2	6.5
T4	3	1	2	1	7
Total rebrotes adventicios	4.5	6	5	4	19.5
T5	9	9	7	5	30
T6	16	18	18	17	69
T7	17	19	21	22	79
T8	17	22	20	19	78
Total rebrotes epicórmicos	59	68	66	63	256

Para evaluar si las diferencias existentes en el peso de raíces eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza. El cuadro 9 muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza con relación al peso de raíces por tipo de estacas a los 70 días después de la siembra.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable respuesta peso de raíces por tipo de estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tipo de Estacas	1	1747.88	1747.88	114.62	0.0001**
Error	30	457.48	15.25		
Total	31	2205.37			

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que existen diferencias altamente significativas en los dos tipos de estacas con relación al peso de raíces a los 70 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre los dos tipos de 45.36% de C.V.,

con respecto a la media del peso de raíces. Esta variabilidad alta al igual que las dos variables anteriores se debió a que las estacas adventicias presentaron un valor de 0 gramos de peso de raíces en uno de sus tratamientos, de esta manera la hipótesis nula se rechaza y se acepta la alternativa, para los dos tipos de estacas.

Debido a que se presentaron diferencias altamente significativas entre los dos tipos de estacas se procedió a realizar una prueba múltiple de medias de Tukey para conocer qué tipo de estacas fue mejor con relación al peso de raíces a los 70 días después de la siembra. El cuadro 10 muestra los resultados de la prueba múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5% para esta variable.

Cuadro 10. Prueba de Tukey para la variable peso de raíces por tipo de estacas a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Tipo de Estacas	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey
Epicórmicas	16.00	16	0.98	A
Adventicias	1.22	16	0.98	B

Según la prueba de Tukey se puede observar que las mejores estacas con relación al peso de raíces fueron las epicórmicas, las cuales presentaron una media de 16 gramos de raíces, comparadas con las estacas adventicias las cuales solo presentaron una media de 1.22 gramos de raíces. Debido a que en las dos variables anteriores las estacas epicórmicas mostraron mejores resultados, el peso de raíces también se vio reflejado de mejor manera para las estacas epicórmicas.

De manera general, las pruebas múltiples de medias de Tukey que se realizaron en las tres variables medidas con relación a raíces, presentaron mejores resultados con diferencias altamente significativas en las estacas epicórmicas con relación a las adventicias, por lo tanto se puede confirmar lo que menciona (Vita, 1996) que los rebrotes de origen epicórmico suelen ser de mejor calidad, en cuanto al desarrollo y sobrevivencia, que aquellos provenientes de yemas adventicias.

7.1.4 Número de estacas con rebrotes

Esta variable fue evaluada a los 30 y 40 días después de la siembra de las estacas, las cuales se cuantificaron en una escala de 1 a 10 por cada unidad experimental. En el cuadro 11 se presentan los resultados del número de estacas que emitieron rebrotes a los 30 días después de la siembra o iniciada la investigación.

Cuadro 11. Número de estacas con rebrotes a los 30 Días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Tratamientos	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
T1	5	6	4	4	19
T2	4	6	3	4	17
T3	3	5	2	3	13
T4	4	4	5	3	16
Total rebrotes adventicios	16	21	14	14	65
T5	6	5	6	5	22
T6	9	8	7	8	32
T7	8	10	9	9	36
T8	8	10	8	9	35
Total rebrotes epicórmicos	31	33	30	31	125

En el cuadro anterior se observan las cantidades de estacas que emitieron rebrotes a los 30 días de iniciada la investigación, se puede apreciar que las estacas que presentaron mejores resultados para la variable número de estacas con rebrotes, fueron las estacas epicórmicas, las cuales presentaron un total de 125 estacas con rebrotes.

Se puede apreciar que en las estacas de tipo adventicias también hubieron estacas que presentaron rebrotes pero en cantidades menores, dando un total de 65 estacas con rebrotes para este tipo, estas diferencias pudieron deberse a las características fisiológicas que cada tipo de estacas presenta, además de las reservas de nutrientes presentes y de la capacidad que cada tipo presentó para la emisión de rebrotes al proporcionarles las condiciones homogéneas y necesarias dentro del invernadero.

Para evaluar si las diferencias existentes en los dos tipos de estacas brotadas eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza. El cuadro 12 muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza con relación a la emisión de rebrotes sobre las estacas por cada tipo, a los 30 días después de la siembra.

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable número de estacas con rebrotes por tipo de estacas a los 30 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tipo de Estacas	1	112.5	112.5	58.82	0.0001**
Error	30	57.38	1.91		
Total	31	169.88			

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que existen diferencias altamente significativas en los dos tipos de estacas con relación a la cantidad de estacas con rebrotes a los 30 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre los tratamientos de 23.29% de C.V., con respecto a la media de las estacas brotadas, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa para los dos tipos de estacas.

Debido a que se presentaron diferencias altamente significativas entre los dos tipos de estacas se procedió a realizar una prueba múltiple de medias de Tukey para conocer qué tipo de estacas fue el mejor con relación a la cantidad de estacas brotadas a los 30 días después de la siembra (ver cuadro 13).

Cuadro 13. Prueba de Tukey para la variable número de estacas brotadas por cada tipo a los 30 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

Tipo de Estacas	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey
Epicórmicas	7.81	16	0.35	A
Adventicias	4.06	16	0.35	B

Según la prueba de Tukey se puede observar que las mejores estacas para la emisión de rebrotes en este período fueron las epicórmicas, las cuales presentaron una media de 7.81 estacas con rebrotes equivalente a un 78.13% de estacas brotadas, comparadas con las estacas adventicias las cuales solo presentaron una media de 4.06 estacas con rebrotes equivalente a un 40.63% de estacas brotadas.

La figura 8 muestra las medias del número de estacas que emitieron rebrotes por cada tipo a los 30 días después de la siembra, en la cual se puede apreciar el tipo con mejores resultados.

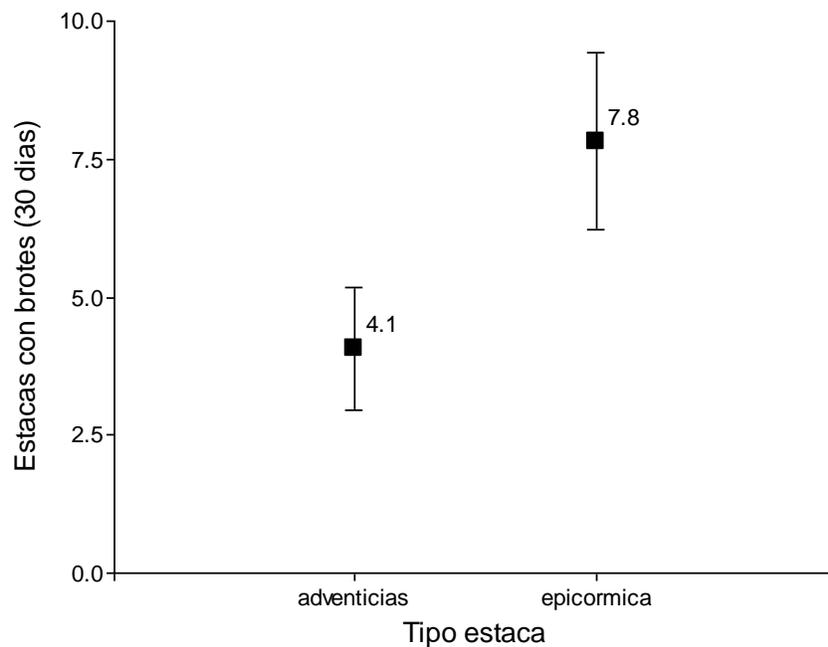


Figura 8. Grafica de medias del número de estacas con rebrotes por tipo de estacas a los 30 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

En la figura anterior se pueden apreciar las diferencias de las medias de estacas brotadas para cada tipo, las características fisiológicas que cada una de ellas presenta reflejó la diferencia para la emisión de rebrotes en este período.

Para ver si las cantidades de estacas con rebrotes aumentaban o disminuían en uno o los dos tipos, se realizó otra lectura a los 40 días después de la siembra, en el cuadro 14

se presentan los resultados del número de estacas que emitieron rebrotes a los 40 días después de la siembra o iniciada la investigación.

Cuadro 14. Número de estacas con rebrotes a los 40 Días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Tratamientos	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
T1	6	6	4	5	21
T2	4	6	4	5	19
T3	2	5	4	5	16
T4	5	4	6	3	18
Total rebrotes adventicios	17	21	18	18	74
T5	6	7	6	5	24
T6	9	8	9	8	34
T7	9	10	10	9	38
T8	8	10	8	9	35
Total rebrotes epicórmicos	32	35	33	31	131

En el cuadro anterior se observan las cantidades de estacas que emitieron rebrotes a los 40 días de iniciada la investigación, se puede apreciar que una vez más las estacas que presentaron mejores resultados para la variable número de estacas con rebrotes, fueron las estacas epicórmicas, las cuales presentaron un total de 131 estacas con rebrotes, aumentando 6 estacas con relación a la lectura a los 30 días después de la siembra.

Se puede apreciar que en las estacas de tipo adventicias también hubo aumento de estacas que presentaron rebrotes, dando un total de 74 estacas con rebrotes para este tipo, aumentando 9 estacas con relación a la lectura a los 30 días después de la siembra.

Este aumento de rebrotes en los dos tipos de estacas pudo deberse a las reservas de nutrientes que se encontraban aún en las estacas y a la capacidad que cada tipo presentó para la emisión de rebrotes, es importante mencionar también que mientras más lignificadas parecían las estacas se observó que emitían más cantidad de rebrotes.

Para evaluar si las diferencias existentes en las estacas brotadas eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ver cuadro 15).

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable número de estacas con rebrotes por cada tipo de estacas a los 40 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tipo de Estacas	1	101.53	101.53	56.21	0.0001**
Error	30	54.19	1.81		
Total	31	155.72			

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que nuevamente existen diferencias altamente significativas en los dos tipos de estacas con relación a la cantidad de estacas con rebrotes a los 40 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre los tratamientos de 20.98% de C.V., con respecto a la media de las estacas brotadas, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa para los dos tipos de estacas.

Debido a que también se presentaron diferencias altamente significativas entre los dos tipos de estacas, se procedió a realizar una prueba múltiple de medias de Tukey para conocer qué tipo de estacas fue mejor con relación a la cantidad de estacas brotadas a los 40 días después de la siembra. El cuadro 16 muestra los resultados de la prueba múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5% para esta variable.

Cuadro 16. Prueba de Tukey para la variable número de estacas brotadas por cada tipo a los 40 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

Tipo de Estacas	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey
Epicórmicas	8.19	16	0.34	A
Adventicias	4.63	16	0.34	B

De acuerdo con esta prueba, se puede definir que las mejores estacas para la emisión de rebrotes en este período fueron nuevamente las epicórmicas, manteniendo la tendencia con relación a la lectura a los 30 días, las cuales presentaron una media de 8.19 estacas con rebrotes equivalente a un 81.9% de estacas brotadas, comparadas con las estacas adventicias las cuales solo presentaron una media 46.3% de estacas brotadas.

Esto una vez más indica que las mejores estacas para la emisión de rebrotes a los 40 días después de la siembra son las epicórmicas, confirmando así lo indicado por (Vita, 1996) el cual hace referencia a que los rebrotes epicórmicos tienen mejor capacidad de adaptación y sobrevivencia que los rebrotes de origen adventicio.

7.1.5 Calidad del rebrote

Esta variable fue evaluada a los 50 días después de la siembra de las estacas, como se mencionó en la metodología, esta variable fue medida por la cantidad de brotes y por la cantidad de hojas que tenían las estacas en el momento de la medición, aduciendo que mientras más brotes y más hojas presentaban serían de mejor calidad los rebrotes, ya que tendrían mejores reservas para la emisión de nuevos brotes y nuevas hojas (Cuadro 17).

En el cuadro, se observan las cantidades de rebrotes que se emitieron a los 50 días de iniciada la investigación, se puede apreciar que las estacas que presentaron mejores resultados para esta variable, de la misma manera que en las variables anteriores fueron las estacas epicórmicas, las cuales presentaron un total de 187 rebrotes contra 98 rebrotes que presentaron las estacas adventicias, es importante mencionar que en algunas estacas solo se dio la formación de un rebrote mientras que en otras se formaron dos o más rebrotes por estaca.

Para evaluar si las diferencias existentes en la cantidad de rebrotes eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, que se muestra en el cuadro 18.

Cuadro 17. Cantidad de rebrotes a los 50 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Tratamientos	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
T1	7	7	5	6	25
T2	7	5	5	7	24
T3	4	8	3	8	23
T4	7	6	8	5	26
Total rebrotes adventicios	25	26	21	26	98
T5	6	10	8	6	30
T6	12	10	10	15	47
T7	13	17	14	13	57
T8	12	13	14	14	53
Total rebrotes epicórmicos	43	50	46	48	187

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable cantidad de rebrotes por cada tipo de estacas a los 50 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tipo de Estacas	1	247.53	247.53	40.98	0.0001**
Error	30	181.19	6.04		
Total	31	428.72			

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que existen diferencias altamente significativas en los dos tipos de estacas con relación a la calidad del rebrote determinada por la cantidad de rebrotes a los 50 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre los tratamientos de 27.59% de C.V., con respecto a la media de la cantidad de rebrotes.

Debido a que se presentaron diferencias altamente significativas entre los dos tipos de estacas se procedió a realizar una prueba múltiple de medias de Tukey para conocer cuál de los dos tipos de estacas fue el mejor con relación a la calidad del rebrote a los 50 días después de la siembra. El cuadro 19 muestra los resultados de la prueba múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5% para la variable evaluada.

Cuadro 19. Prueba de Tukey para la variable calidad del rebrote por cada tipo de estacas a los 50 días después de la siembra, determinada por la cantidad de rebrotes, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

Tipo de Estacas	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey
Epicórmicas	11.69	16	0.61	A
Adventicias	6.13	16	0.61	B

De acuerdo al resultado de esta prueba, se determina también que la cantidad de rebrotes fue mejor en las estacas epicórmicas, las cuales presentaron una media de 11.69 rebrotes, comparadas con las estacas adventicias las cuales solo presentaron una media de 6.13 rebrotes, por lo tanto la calidad del rebrote determinada por la cantidad de rebrotes fue mejor en las estacas epicórmicas que en las estacas adventicias, partiendo del principio que mientras más rebrotes se presentaban serían de mejor calidad los mismos.

Para evaluar la calidad del rebrote, también se midió la cantidad de hojas emitidas por cada tipo de estacas, el cuadro 20 muestra la cantidad de hojas emitidas a los 50 días después de siembra de las estacas, observándose que mientras más hojas tenían los rebrotes la calidad de los mismos era mejor ya que presentaban más características de vigorosidad y desarrollo.

Es importante mencionar que las primeras hojas que se forman en la ceiba son palmaticompuestas, formadas por 5 folíolos. En el cuadro 20, se puede apreciar que las estacas que presentaron mejores resultados para esta variable también fueron las estacas epicórmicas, las cuales presentaron un total de 291 hojas contra 130 hojas que presentaron las estacas adventicias.

Se pudo observar en algunas estacas adventicias, que algunos de sus rebrotes no tuvieron la capacidad de reventar y formar hojas quedándose únicamente con el primordio de rebrote, sin poder emitir hojas, esto significa que algunas estacas de este tipo no tuvieron las suficientes reservas de nutrientes para hacer que los rebrotes reventaran y formaran una o más hojas sobre el mismo, diferente a lo que sucedió con

las estacas epicórmicas en las cuales todos los rebrotes que se presentaron tuvieron la capacidad de generar hojas sobre los mismos mostrando una mejor calidad del rebrote.

Cuadro 20. Cantidad de hojas a los 50 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Tratamientos	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
T1	8	10	5	8	31
T2	8	6	8	11	33
T3	8	10	7	8	33
T4	13	6	10	4	33
Total rebrotes adventicios	37	32	30	31	130
T5	10	19	12	12	53
T6	15	13	14	15	57
T7	19	24	21	22	86
T8	22	26	24	23	95
Total rebrotes epicórmicos	66	82	71	72	291

Para evaluar si las diferencias existentes en la cantidad de hojas eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, el cual se presenta en el cuadro 21.

Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable cantidad de hojas por cada tipo de estacas a los 50 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tipo de Estacas	1	810.03	810.03	50.82	0.0001**
Error	30	478.19	15.94		
Total	31	1288.22			

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que existen diferencias altamente significativas en los dos tipos de estacas con relación a la calidad del rebrote determinada por la cantidad de hojas a los 50 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre los tratamientos de 30.35% de C.V., con respecto a la media de la cantidad de

hojas, como se mencionó anteriormente en algunas estacas adventicias los primordios de rebrotes que se presentaron no tuvieron la capacidad de formar hojas, mientras que en las estacas epicórmicas las cantidades de hojas fueron abundantes lo que provocó que el coeficiente de variación resultara un poco alto.

Debido a que se presentaron diferencias altamente significativas entre los dos tipos de estacas se procedió a realizar una prueba múltiple de medias de Tukey, para conocer qué tipo de estacas fue el mejor con relación a la calidad del rebrote a los 50 días después de la siembra, determinada por la cantidad de hojas. El cuadro 22 muestra los resultados de esta prueba con un nivel de significancia del 5% para la variable evaluada.

Cuadro 22. Prueba de Tukey para la variable calidad del rebrote por cada tipo de estacas a los 50 días después de la siembra, determinada por la cantidad de hojas, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

Tipo de Estacas	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey
Epicórmicas	18.19	16	1	A
Adventicias	8.13	16	1	B

Según la prueba de Tukey, se observa que la cantidad de hojas fue mayor en las estacas epicórmicas, las cuales presentaron una media de 18.19 hojas, comparadas con las estacas adventicias las cuales solo presentaron una media de 8.13 hojas, por lo tanto la calidad del rebrote determinada por la cantidad de hojas también fue mejor en las estacas epicórmicas que en las estacas adventicias.

7.2 EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO PARA FAVORECER EL ENRAIZAMIENTO DE LAS ESTACAS DE CEIBA.

7.2.1 Número de estacas con raíces

En la evaluación anterior esta variable presentó mejores resultados en las estacas epicórmicas, con diferencias altamente significativas con relación a las estacas adventicias, a continuación se presenta la evaluación para el factor concentraciones de

ácido indolbutírico, en el cuadro 23 se presentan los resultados del número de estacas que emitieron raíces por concentración de IBA, a los 70 días de iniciada la investigación.

En el cuadro se puede apreciar que para la concentración de 0 ppm de IBA se presentaron un total de 22 estacas enraizadas, para la concentración de 1000 ppm de IBA se presentaron un total de 46 estacas enraizadas, para la concentración de 2000 ppm de IBA fueron 49 estacas enraizadas y para la concentración de 3000 ppm de IBA se presentaron un total de 50 estacas enraizadas.

Cuadro 23. Número de estacas con raíces por concentración de IBA, a los 70 Días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Concentración de IBA	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
0 Ppm	0	0	0	0	0
0 Ppm	6	6	5	5	22
Total	6	6	5	5	22
1000 Ppm	3	4	3	3	13
1000 Ppm	9	8	8	8	33
Total	12	12	11	11	46
2000 Ppm	1	4	3	3	11
2000 Ppm	9	10	10	9	38
Total	10	14	13	12	49
3000 Ppm	4	3	4	5	16
3000 Ppm	7	10	8	9	34
Total	11	13	12	14	50

Para evaluar si las diferencias existentes en las cuatro concentraciones de IBA eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, el cual se muestra en el cuadro 24.

Cuadro 24. Análisis de varianza para número de estacas con raíces, por cada concentración de IBA a los 70 días después de la siembra.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Concentración de IBA	3	66.09	22.03	2.4	0.0893 ^{NS}
Error	28	257.38	9.19		
Total	31	323.47			

NS: no existen diferencias significativas entre los niveles evaluados de la fuente de variación.

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que no existen diferencias significativas en las cuatro concentraciones de IBA evaluadas con relación a la cantidad de estacas enraizadas a los 70 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre las concentraciones de 58.09% de C.V., con respecto a la media de las estacas enraizadas. Esta variabilidad alta se debió a que la concentración de 0 ppm de IBA combinada con las estacas adventicias presentó un valor de 0 estacas enraizadas. Por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa, para las concentraciones de IBA (Figura 9).

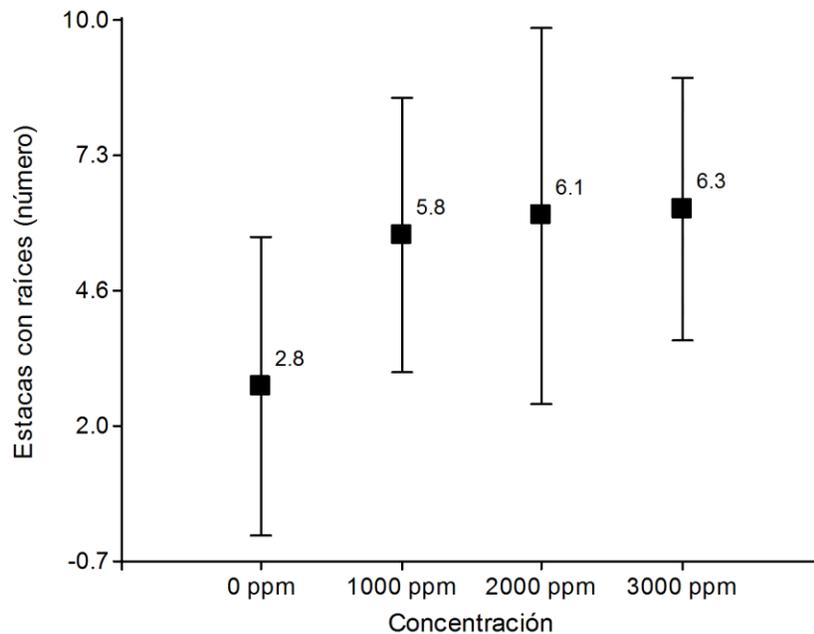


Figura 9. Grafica de puntos para las medias del número de estacas con raíces por concentración de IBA a los 70 días después de la siembra.

La figura anterior muestra las medias de estacas enraizadas por cada concentración de ácido indolbutírico a los 70 días después de la siembra de las estacas, para la concentración de 0 ppm de IBA se presentó un total del 28% de estacas enraizadas, en la concentración de 1000 ppm de IBA se presentó un total de 58% de estacas enraizadas, para la concentración de 2000 ppm de IBA fue un total de 61% de estacas enraizadas y para la concentración de 3000 ppm de IBA se presentó un total de 63% de estacas enraizadas, sin embargo la prueba múltiple de Tukey indicó que estas diferencias no son estadísticamente significativas.

7.2.2 Número de raíces por estaca

En la evaluación anterior esta variable también presentó mejores resultados en las estacas epicórmicas, con diferencias altamente significativas con relación a las estacas adventicias, a continuación se presenta la evaluación para el factor concentraciones de ácido indolbutírico. En el cuadro 25 se muestran los resultados del número de raíces por estacas por concentración de IBA a los 70 días después de la siembra.

Para la concentración de 0 ppm de IBA se presentaron un total de 336 raíces, para la concentración de 1000 ppm de IBA se presentaron un total de 725 raíces, para la concentración de 2000 ppm de IBA fueron 769 raíces y para la concentración de 3000 ppm de IBA se presentaron un total de 771 raíces.

Al igual que la variable anterior se observa que en las cuatro concentraciones de IBA evaluadas, se presentaron diferentes cantidades de raíces, estas cantidades se presentaron en aumento de manera secuencial ya que mientras más estacas enraizaron por cada concentración más cantidad de raíces se obtuvieron.

Para evaluar si las diferencias existentes en las cuatro concentraciones de IBA eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, el cual se muestra en el cuadro 26.

Cuadro 25. Número raíces por estacas por concentración de IBA a los 70 días después de la siembra.

Concentración de IBA	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
0 Ppm	0	0	0	0	0
0 Ppm	102	91	70	73	336
Total	102	91	70	73	336
1000 Ppm	13	28	22	14	77
1000 Ppm	158	164	159	167	648
Total	171	192	181	181	725
2000 Ppm	8	25	11	26	70
2000 Ppm	163	179	177	180	699
Total	171	204	188	206	769
3000 Ppm	31	15	24	12	82
3000 Ppm	158	182	176	173	689
Total	189	197	200	185	771

Cuadro 26. Análisis de varianza para la variable respuesta cantidad de raíces por concentración de IBA a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Concentración de IBA	3	16627.84	5542.61	1.02	0.399 ^{NS}
Error	28	152260.6	5437.88		
Total	31	168888.5			

NS: no existen diferencias significativas entre los niveles evaluados de la fuente de variación.

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que no existen diferencias significativas en las cuatro concentraciones de IBA evaluadas, con relación a la cantidad de raíces emitidas a los 70 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre las concentraciones de 90.72% de C.V., con respecto a la media de la cantidad de raíces, esta variabilidad alta se debió a que la concentración de 0 ppm de IBA combinada con las estacas adventicias presentó un valor de 0 raíces emitidas. Por lo tanto la hipótesis nula se acepta y se rechaza la alternativa, para las concentraciones de IBA.

De la misma manera que la variable de número de estacas con raíces, las concentraciones de IBA evaluadas no influyeron para que las diferencias de la cantidad de raíces emitidas fueran estadísticamente significativas, por lo tanto se infiere que para la cantidad de raíces por estacas de ceiba, la concentración de 0 ppm de IBA tiene el mismo efecto que las concentraciones de 1000, 2000 y 3000 ppm cuando se evalúa solo el factor de concentración de ppm de IBA, posiblemente aumentando las concentraciones de IBA sí existan diferencias significativas.

7.2.3 Peso de raíces

En la evaluación anterior esta variable presentó mejores resultados en las estacas epicórmicas, con diferencias altamente significativas con relación a las estacas adventicias, a continuación se presenta la evaluación para el factor concentraciones de ácido indolbutírico.

Se puede apreciar que para la concentración de 0 ppm de IBA se obtuvo un peso total de 30 gramos, para la concentración de 1000 ppm de IBA se obtuvo un peso de 75 gramos, para la concentración de 2000 ppm de IBA se obtuvo un peso de 85.5 gramos y para la concentración de 3000 ppm de IBA se obtuvo un peso total de 85 gramos, (ver cuadro 27).

De la misma manera que las variables anteriores, se observa que en las cuatro concentraciones de IBA evaluadas, se presentaron diferentes pesos de raíces. Para evaluar si las diferencias existentes en las cuatro concentraciones de IBA eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, el cual se muestra en el cuadro 28.

Se puede ver en el análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que no existen diferencias significativas en las cuatro concentraciones de IBA evaluadas con relación al peso de raíces obtenido a los 70 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre las concentraciones de 96.8% de C.V., con respecto a la media del peso de raíces, esta variabilidad alta se debió a que

la concentración de 0 ppm de IBA combinada con las estacas adventicias presentó un valor de 0 gramos de peso de raíces. Por lo tanto, la hipótesis nula se acepta y se rechaza la alternativa, para las concentraciones de IBA.

Cuadro 27. Peso de raíces en gramos por cada concentración de IBA a los 70 días después de la siembra.

Concentración de IBA	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
0 Ppm	0	0	0	0	0
0 Ppm	9	9	7	5	30
Total	9	9	7	5	30
1000 Ppm	1	2	2	1	6
1000 Ppm	16	18	18	17	69
Total	17	20	20	18	75
2000 Ppm	0.5	3	1	2	6.5
2000 Ppm	17	19	21	22	79
Total	17.5	22	22	24	85.5
3000 Ppm	3	1	2	1	7
3000 Ppm	17	22	20	19	78
Total	20	23	22	20	85

Cuadro 28. Análisis de varianza para la variable respuesta peso de raíces por cada concentración de IBA a los 70 días después de la siembra.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Concentración de IBA	3	260.65	86.88	1.25	0.3101 ^{NS}
Error	28	1944.72	69.45		
Total	31	2205.37			

NS: no existen diferencias significativas entre los niveles evaluados de la fuente de variación.

De la misma manera que las variables anteriores, las concentraciones de IBA evaluadas no influyeron para que las diferencias entre el peso de raíces presentado, fueran estadísticamente significativas, por lo tanto se infiere también de que para el peso de raíces, la concentración de 0 ppm de IBA tiene el mismo efecto que las concentraciones de 1000, 2000 y 3000 ppm cuando se evalúa solo el factor de concentración de ppm de

IBA, posiblemente aumentando las concentraciones de IBA sí existan diferencias significativas.

7.2.4 Número de estacas con rebrotes

En la evaluación anterior esta variable presentó mejores resultados en las estacas epicórmicas, con diferencias altamente significativas con relación a las estacas adventicias, a continuación se presenta la evaluación para el factor concentraciones de ácido indolbutírico. En el cuadro 29 se presentan los resultados del número de estacas que emitieron rebrotes por cada concentración de IBA a los 30 días después de la siembra o iniciada la investigación.

Se puede apreciar que para la concentración de 0 ppm de IBA se presentaron un total de 41 estacas brotadas, para la concentración de 1000 ppm de IBA se presentaron un total de 49 estacas brotadas, para la concentración de 2000 ppm de IBA también fueron 49 estacas brotadas y para la concentración de 3000 ppm de IBA se presentaron un total de 51 estacas brotadas.

Cuadro 29. Número de estacas con rebrotes por cada concentración de IBA a los 30 Días después de la siembra.

Concentración de IBA	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
0 Ppm	5	6	4	4	19
0 Ppm	6	5	6	5	22
Total	11	11	10	9	41
1000 Ppm	4	6	3	4	17
1000 Ppm	9	8	7	8	32
Total	13	14	10	12	49
2000 Ppm	3	5	2	3	13
2000 Ppm	8	10	9	9	36
Total	11	15	11	12	49
3000 Ppm	4	4	5	3	16
3000 Ppm	8	10	8	9	35
Total	12	14	13	12	51

A simple vista se observó que en las cuatro concentraciones de IBA evaluadas, las diferencias en la cantidad de estacas brotadas no eran tan distanciadas, sin embargo para evaluar si las diferencias existentes en las cuatro concentraciones de IBA eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, el cual se presenta en el cuadro 30.

Cuadro 30. Análisis de varianza para la variable respuesta de número de estacas con rebrotes por cada concentración de IBA a los 30 días después de la siembra.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Concentración de IBA	3	7.38	2.46	0.42	0.7376 ^{NS}
Error	28	162.5	5.8		
Total	31	169.88			

NS: no existen diferencias significativas entre los niveles evaluados de la fuente de variación.

Como era de esperarse, el cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que no existen diferencias significativas en las cuatro concentraciones de IBA evaluadas, con relación a la cantidad de estacas brotadas a los 30 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre las concentraciones de 20.57% de C.V., con respecto a la media de las estacas brotadas. Por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa para las concentraciones de IBA, afirmando que las concentraciones de IBA evaluadas no tuvieron efecto significativo para la emisión de rebrotes en las estacas.

La figura 10 muestra las medias del número de estacas que emitieron rebrotes por cada concentración de IBA a los 30 días después de haber sembrado las estacas.

Para ver si las cantidades de estacas con rebrotes aumentaron o disminuyeron en alguna de las concentraciones de IBA, se realizó otra lectura a los 40 días después de la siembra, en el cuadro 31 se presentan los resultados del número de estacas que emitieron rebrotes por cada concentración de IBA a los 40 días después de la siembra o iniciada la investigación.

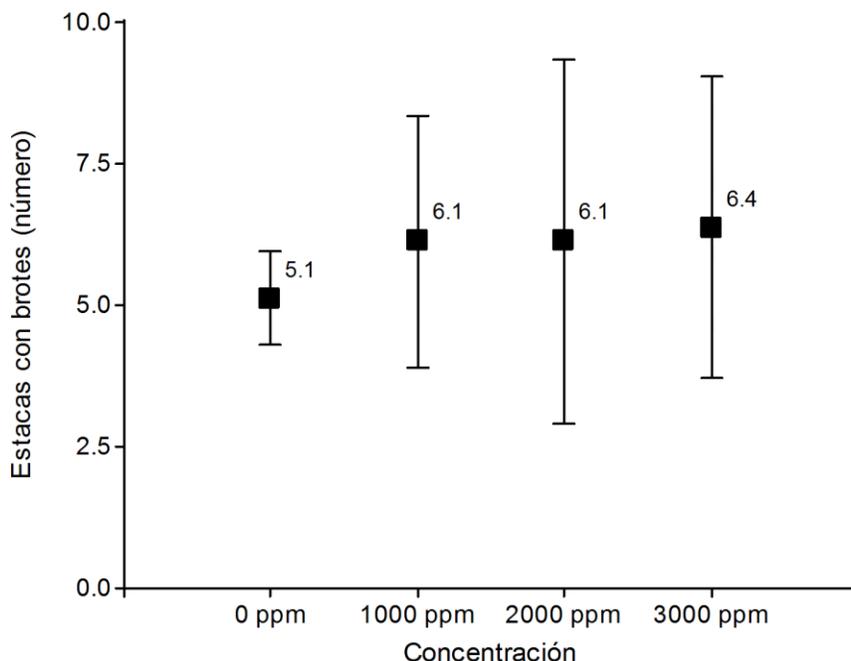


Figura 10. Grafica de puntos para las medias del número de estacas con rebrotes por cada concentración de IBA a los 30 días después de la siembra.

Se puede apreciar que en las cuatro concentraciones evaluadas aumentó la cantidad de estacas con rebrotes con relación a la lectura a los 30 días de iniciada la investigación, se observa que para la concentración de 0 ppm de IBA se presentaron un total de 45 estacas brotadas, para la concentración de 1000 ppm de IBA se presentaron un total de 53 estacas brotadas, para la concentración de 2000 ppm de IBA fueron 54 estacas brotadas y para la concentración de 3000 ppm de IBA se presentaron un total de 53 estacas brotadas (ver cuadro 31).

Para evaluar si las diferencias existentes en las cuatro concentraciones de IBA eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza. El cuadro 32 muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza con relación a la cantidad de estacas brotadas por cada concentración de IBA a los 40 días después de la siembra.

Cuadro 31. Número de estacas con rebrotes por cada concentración de IBA a los 40 días después de la siembra.

Concentración de IBA	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
0 Ppm	6	6	4	5	21
0 Ppm	6	7	6	5	24
Total	12	13	10	10	45
1000 Ppm	4	6	4	5	19
1000 Ppm	9	8	9	8	34
Total	13	14	13	13	53
2000 Ppm	2	5	4	5	16
2000 Ppm	9	10	10	9	38
Total	11	15	14	14	54
3000 Ppm	5	4	6	3	18
3000 Ppm	8	10	8	9	35
Total	13	14	14	12	53

Cuadro 32. Análisis de varianza para el número de estacas con rebrotes por cada concentración de IBA evaluada a los 40 días después de la siembra.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Concentración de IBA	3	6.59	2.2	0.41	0.7452 ^{NS}
Error	28	149.13	5.33		
Total	31	155.72			

NS: no existen diferencias significativas entre los niveles evaluados de la fuente de variación.

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que nuevamente no existen diferencias significativas en las cuatro concentraciones de IBA evaluadas, con relación a la cantidad de estacas brotadas a los 40 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre las concentraciones de 18.02% de C.V., con respecto a la media de las estacas brotadas. Por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa para las concentraciones de IBA, afirmando que las concentraciones de IBA evaluadas no tuvieron efecto significativo para la cantidad de estacas brotadas.

7.2.5 Calidad del rebrote

En la evaluación anterior esta variable presentó mejores resultados en las estacas epicórmicas, con diferencias altamente significativas con relación a las estacas adventicias, a continuación se presenta la evaluación para el factor concentraciones de ácido indolbutírico.

Se puede apreciar que para la concentración de 0 ppm de IBA se presentaron un total de 55 rebrotes, para la concentración de 1000 ppm de IBA se presentaron un total de 71 rebrotes, para la concentración de 2000 ppm de IBA fueron 80 rebrotes y para la concentración de 3000 ppm de IBA se presentaron un total de 79 rebrotes (Cuadro 33).

Cuadro 33. Cantidad de rebrotes por cada concentración de IBA evaluada a los 50 días después de la siembra.

Concentración de IBA	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
0 Ppm	7	7	5	6	25
0 Ppm	6	10	8	6	30
Total	13	17	13	12	55
1000 Ppm	7	5	5	7	24
1000 Ppm	12	10	10	15	47
Total	19	15	15	22	71
2000 Ppm	4	8	3	8	23
2000 Ppm	13	17	14	13	57
Total	17	25	17	21	80
3000 Ppm	7	6	8	5	26
3000 Ppm	12	13	14	14	53
Total	19	19	22	19	79

Para evaluar si las diferencias existentes en las cuatro concentraciones de IBA eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, el cual se muestra en el cuadro 34.

Cuadro 34. Análisis de varianza para la calidad del rebrote determinada por la cantidad de rebrotes, por cada concentración de IBA a los 50 días después de la siembra.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Concentración de IBA	3	50.09	16.7	1.23	0.3156NS
Error	28	378.63	13.52		
Total	31	428.72			

NS: no existen diferencias significativas entre los niveles evaluados de la fuente de variación.

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que no existen diferencias significativas en las cuatro concentraciones de IBA evaluadas, con relación a la calidad del rebrote los 50 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre las concentraciones de 20.49% de C.V., con respecto a la media de la cantidad de rebrotes. Por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa para las concentraciones de IBA.

Para evaluar la calidad del rebrote, también se midió la cantidad de hojas emitidas por cada tipo de estacas, asumiendo que mientras más hojas tenían los rebrotes la calidad de los mismos era mejor ya que presentaban más características de vigorosidad y desarrollo.

Como se mencionó anteriormente las primeras hojas que se forman en la ceiba son palmaticompuestas, formadas por 5 folíolos, por lo tanto cada hoja cuantificada estaba formada por 5 folíolos. En el cuadro 35 se observan las cantidades de hojas por cada concentración de IBA evaluada a los 50 días de iniciada la investigación, se puede apreciar que para la concentración de 0 ppm de IBA se presentaron un total de 84 hojas, para la concentración de 1000 ppm de IBA se presentaron un total de 90 hojas, para la concentración de 2000 ppm de IBA fueron 119 hojas y para la concentración de 3000 ppm de IBA se presentaron un total de 128 hojas.

Para evaluar si las diferencias existentes en las cuatro concentraciones de IBA eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ver cuadro 36).

Cuadro 35. Cantidad de hojas por cada concentración de IBA evaluada a los 50 días después de la siembra.

Concentración de IBA	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
0 Ppm	8	10	5	8	31
0 Ppm	10	19	12	12	53
Total	18	29	17	20	84
1000 Ppm	8	6	8	11	33
1000 Ppm	15	13	14	15	57
Total	23	19	22	26	90
2000 Ppm	8	10	7	8	33
2000 Ppm	19	24	21	22	86
Total	27	34	28	30	119
3000 Ppm	13	6	10	4	33
3000 Ppm	22	26	24	23	95
Total	35	32	34	27	128

Cuadro 36. Análisis de varianza para la calidad del rebrote determinada por la cantidad de hojas por cada concentración de IBA evaluada a los 50 días después de la siembra.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Concentración de IBA	3	173.84	57.95	1.46	0.2478 ^{NS}
Error	28	1114.38	39.8		
Total	31	1288.22			

NS: no existen diferencias significativas entre los niveles evaluados de la fuente de variación.

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que no existen diferencias significativas en las cuatro concentraciones de IBA evaluadas, con relación a la calidad del rebrote determinada por la cantidad de hojas los 50 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre las concentraciones de 19.45% de C.V., con respecto a la media de la cantidad de hojas. Por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa para las concentraciones de IBA.

De manera general, para todas las variables medidas se determinó que las cuatro concentraciones de ácido indolbutírico evaluadas no tuvieron diferencias significativas en los resultados al evaluarlas de manera individual, posiblemente al aumentar las concentraciones de IBA también aumenten los resultados en las variables medidas y de esta forma sí existan diferencias significativas.

7.3 EVALUACIÓN DE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES TIPO DE ESTACAS MAS LAS CONCENTRACIONES DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO.

7.3.1 Número de estacas con raíces

En las dos evaluaciones anteriores esta variable obtuvo mejores resultados con diferencias altamente significativas en las estacas epicórmicas con relación a las adventicias, sin embargo para las concentraciones de IBA las diferencias en los resultados no fueron estadísticamente significativas, a continuación se evalúan los resultados en la interacción entre ambos factores, para esta variable.

Se puede apreciar que existieron diferencias al combinar los tipos de estacas con las diferentes concentraciones de IBA, se muestra que en la interacción de estacas adventicias más 0 ppm de IBA la cantidad fue de 0 estacas enraizadas, en la interacción de estacas adventicias más 1000 ppm de IBA la cantidad fue de 13 estacas enraizadas, en la interacción de estacas adventicias más 2000 ppm de IBA se obtuvieron 11 estacas enraizadas y en la interacción de estacas adventicias más 3000 ppm de IBA se obtuvieron 16 estacas enraizadas (se muestra lo anterior en el cuadro 37).

También en el cuadro se observan los resultados de la cantidad de estacas enraizadas en la interacción de las estacas epicórmicas más cada una de las concentraciones de IBA, para la interacción de las estacas epicórmicas más 0 ppm de IBA se obtuvieron 22 estacas enraizadas, en la interacción de las estacas epicórmicas más 1000 ppm de IBA se obtuvieron 33 estacas enraizadas, en la interacción de las estacas epicórmicas más 2000 ppm de IBA se obtuvieron 38 estacas enraizadas y en la interacción de las estacas epicórmicas más 3000 ppm de IBA se obtuvieron 34 estacas enraizadas. Estas

diferencias pudieron deberse al efecto que cada concentración de IBA causó al interactuar con los dos tipos de estacas.

Cuadro 37. Número de estacas con raíces por cada interacción a los 70 Días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Interacción	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
T1	0	0	0	0	0
T2	3	4	3	3	13
T3	1	4	3	3	11
T4	4	3	4	5	16
T5	6	6	5	5	22
T6	9	8	8	8	33
T7	9	10	10	9	38
T8	7	10	8	9	34

Para evaluar si las diferencias existentes en cada interacción eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, el cual se muestra en el cuadro 38.

Cuadro 38. Análisis de varianza para la variable respuesta de número de estacas con raíces, por cada interacción a los 70 días después de la siembra.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tipo de Estacas	2	158.89	79.44	125.02	0.0001
Concentración de IBA	2	129.08	64.54	101.57	0.0001
Interacción Entre Factores	3	20.25	6.75	10.62	0.0001**
Error	24	15.25	0.64		
Total	31	323.47			

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que existen diferencias altamente significativas en cada una de las interacciones con relación a la cantidad de estacas enraizadas a los 70 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre las

interacciones de 15.27% de C.V., con respecto a la media de las estacas enraizadas, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa para cada interacción.

Debido a que se presentaron diferencias altamente significativas entre cada interacción, se procedió a realizar una prueba múltiple de medias de Tukey para conocer qué interacción fue mejor con relación a la cantidad de estacas enraizadas a los 70 días después de la siembra. El cuadro 39 muestra los resultados de la prueba múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5% para esta variable.

Cuadro 39. Prueba de Tukey para la variable número de estacas enraizadas por interacción a los 70 días después de la siembra.

Interacción	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey
T7	9.50	4	0.4	A
T8	8.50	4	0.4	A
T6	8.25	4	0.4	A
T5	5.50	4	0.4	B
T4	4.00	4	0.4	B
T2	3.25	4	0.4	C
T3	2.75	4	0.4	C
T1	0.00	4	0.4	D

Según la prueba de Tukey, se puede observar que al realizar la comparación de las interacciones entre las estacas epicórmicas mas las concentraciones de IBA; los mejores resultados se dieron en las interacciones de: estacas epicórmicas más 2000 ppm de IBA con una media de 9.5 estacas enraizadas equivalente a 95% de efectividad, estacas epicórmicas más 3000 ppm de IBA con una media de 8.5 estacas enraizadas equivalente a 85% de efectividad y estacas epicórmicas más 1000 ppm de IBA con una media de 8.25 estacas enraizadas equivalente a 82.5% de efectividad, en las cuales según Tukey no existe diferencia estadística significativa; a diferencia de las estacas epicórmicas más 0 ppm de IBA en donde solo se presentó una media de 5.5 estacas enraizadas equivalente a 55% de efectividad.

Así mismo se observa que al comparar las interacciones entre las estacas adventicias más las concentraciones de IBA el mejor resultado fue para la interacción de estacas adventicias más 3000 ppm de IBA con una media de 4 estacas enraizadas equivalente a 40% de efectividad, seguido de estacas adventicias más 1000 ppm de IBA con una media de 3.25 estacas enraizadas equivalente a 32.5% de efectividad junto a estacas adventicias más 2000 ppm de IBA con una media de 2.75 estacas enraizadas equivalente a 27.5% de efectividad y por último las estacas adventicias más 0 ppm de IBA con una media de 0 estacas enraizadas equivalente a 0% de efectividad. Por lo tanto se determinó que las concentraciones de IBA si tuvieron efecto en la cantidad de estacas enraizadas al haberse evaluado con la interacción entre cada tipo de estacas.

La figura 11 muestra las medias del número de estacas enraizadas para las interacciones entre las estacas adventicias y las estacas epicórmicas mas las concentraciones de IBA a los 70 días después de la siembra.

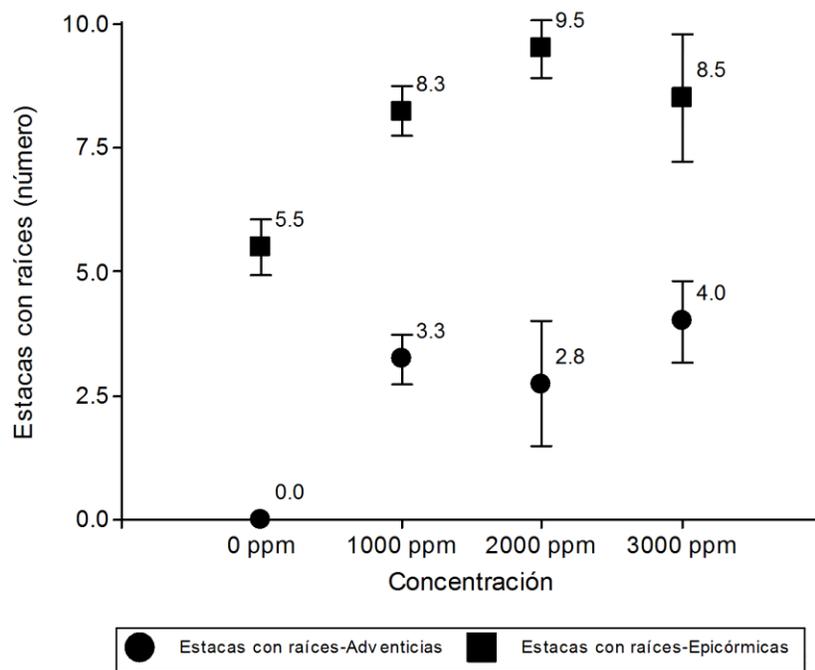


Figura 11. Grafica de puntos de las medias del número de estacas enraizadas para las interacciones entre las estacas adventicias y las estacas epicórmicas mas las

concentraciones de IBA a los 70 días después de la siembra, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

En la figura anterior se pueden apreciar las diferencias altamente significativas que existen entre las medias de estacas enraizadas para cada una de las interacciones, se observa que las interacciones entre las estacas epicórmicas con las concentraciones de IBA obtuvieron mejores resultados que las interacciones entre las estacas adventicias con las concentraciones de IBA.

7.3.2 Número de raíces por estaca

En las dos evaluaciones anteriores esta variable también obtuvo mejores resultados con diferencias altamente significativas en las estacas epicórmicas con relación a las adventicias, sin embargo para las concentraciones de IBA las diferencias en los resultados no fueron estadísticamente significativas, a continuación se evalúan los resultados en la interacción entre ambos factores para esta variable.

En la interacción de estacas adventicias más 0 ppm de IBA se presentó la cantidad de 0 raíces debido a que no hubieron estacas enraizadas, en la interacción de estacas adventicias más 1000 ppm de IBA la cantidad fue de 77 raíces, en la interacción de estacas adventicias más 2000 ppm de IBA se obtuvieron 70 raíces y en la interacción de estacas adventicias más 3000 ppm de IBA se obtuvieron 82 raíces (ver cuadro 40).

Además se observan los resultados de la cantidad de raíces que se emitieron en la interacción de las estacas epicórmicas más cada una de las concentraciones de IBA, para la interacción de las estacas epicórmicas más 0 ppm de IBA se obtuvieron 336 raíces, en la interacción de las estacas epicórmicas más 1000 ppm de IBA se obtuvieron 648 raíces, en la interacción de las estacas epicórmicas más 2000 ppm de IBA se obtuvieron 699 raíces y en la interacción de las estacas epicórmicas más 3000 ppm de IBA se obtuvieron 689 raíces. En la variable anterior se pudo comprobar que las concentraciones de IBA tuvieron efecto significativo en el enraizamiento de las estacas

para cada tipo, este efecto se vio reflejado también para la cantidad de raíces en cada interacción ya que se obtuvieron resultados abundantes de esta variable.

Cuadro 40. Número raíces por cada interacción a los 70 días después de la siembra.

Interacción	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
T1	0	0	0	0	0
T2	13	28	22	14	77
T3	8	25	11	26	70
T4	31	15	24	12	82
T5	102	91	70	73	336
T6	158	164	159	167	648
T7	163	179	177	180	699
T8	158	182	176	173	689

Para evaluar si las diferencias existentes en cada interacción eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, el cual se muestra en el cuadro 41.

Cuadro 41. Análisis de varianza para la variable respuesta número raíces por cada interacción a los 70 días después de la siembra.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tipo de Estacas	2	55510.39	27755.19	353.9	0.0001
Concentración de IBA	2	99297.33	49648.67	633.06	0.0001
Interacción Entre Factores	3	12198.5	4066.17	51.85	0.0001**
Error	24	1882.25	78.43		
Total	31	168888.5			

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que existen diferencias altamente significativas en cada una de las interacciones con relación a la cantidad de raíces emitidas a los 70 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre las interacciones de 10.9% de C.V., con respecto a la media de la cantidad de raíces, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa para cada interacción.

Debido a que se presentaron diferencias altamente significativas entre cada interacción, se procedió a realizar una prueba múltiple de medias de Tukey para conocer qué interacción fue mejor con relación a la cantidad de raíces emitidas a los 70 días después de la siembra. El cuadro 42 muestra los resultados de la prueba múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5% con relación a esta variable.

Cuadro 42. Prueba de Tukey para la variable número de raíces por interacción a los 70 días después de la siembra.

Interacción	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey
T7	174.75	4	4.43	A
T8	172.25	4	4.43	A
T6	162	4	4.43	A
T5	84	4	4.43	B
T4	20.5	4	4.43	C
T2	19.25	4	4.43	C
T3	17.5	4	4.43	C
T1	0	4	4.43	C

Según la prueba de Tukey los mejores resultados para las interacciones de las estacas epicórmicas más las concentraciones de IBA con relación al número de raíces se dieron en donde sí existió aplicación de una concentración de IBA siendo las interacciones de: estacas epicórmicas más 2000 ppm de IBA con una media de 174.75 raíces, estacas epicórmicas más 3000 ppm de IBA con una media de 172.25 raíces y estacas epicórmicas más 1000 ppm de IBA con una media de 162 raíces en las cuales según Tukey no existe diferencia estadística significativa; a diferencia de las estacas epicórmicas más 0 ppm de IBA en donde solo se presentó una media de 84 raíces.

Así mismo se observa que para esta variable al comparar las interacciones entre las estacas adventicias más las concentraciones de IBA no existieron diferencias significativas ya que la prueba de Tukey las agrupó a todas en la letra C. Por lo tanto se determinó que las concentraciones de IBA si tuvieron efecto en la cantidad de raíces emitidas al haberse evaluado con la interacción entre las estacas epicórmicas más no en la interacción con las estacas adventicias.

7.3.3 Peso de raíces

En las dos evaluaciones anteriores esta variable también obtuvo mejores resultados con diferencias altamente significativas en las estacas epicórmicas con relación a las adventicias, sin embargo para las concentraciones de IBA las diferencias en los resultados no fueron estadísticamente significativas, a continuación se evalúan los resultados en la interacción entre ambos factores. El cuadro 43 muestra los resultados del peso de raíces en gramos obtenido por cada interacción a los 70 días de iniciado el experimento.

Se puede apreciar que existieron diferencias al combinar los tipos de estacas con las diferentes concentraciones de IBA, se observa que en la interacción de estacas adventicias más 0 ppm de IBA el peso fue de 0 gramos debido a que no hubieron estacas enraizadas, en la interacción de estacas adventicias más 1000 ppm de IBA el peso de raíces fue de 6 gramos, en la interacción de estacas adventicias más 2000 ppm de IBA el peso de raíces fue de 6.5 gramos y en la interacción de estacas adventicias más 3000 ppm de IBA se obtuvo un peso de raíces de 7 gramos.

También se observan los resultados del peso de raíces en gramos que se presentaron por cada interacción de las estacas epicórmicas más las concentraciones de IBA, para la interacción de las estacas epicórmicas más 0 ppm de IBA el peso fue de 30 gramos, en la interacción de las estacas epicórmicas más 1000 ppm de IBA se presentó un peso de 69 gramos, en la interacción de las estacas epicórmicas más 2000 ppm de IBA el peso fue de 79 gramos y en la interacción de las estacas epicórmicas más 3000 ppm de IBA se presentó un peso de 78 gramos.

Para evaluar si las diferencias existentes en cada interacción eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, el cual se muestra en el cuadro 44.

Cuadro 43. Peso de raíces en gramos por cada interacción a los 70 días después de la siembra.

Interacción	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
T1	0	0	0	0	0
T2	1	2	2	1	6
T3	0.5	3	1	2	6.5
T4	3	1	2	1	7
T5	9	9	7	5	30
T6	16	18	18	17	69
T7	17	19	21	22	79
T8	17	22	20	19	78

Cuadro 44. Análisis de varianza para el peso de raíces por cada interacción a los 70 días después de la siembra.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tipo de Estacas	2	663.38	331.69	162.67	0.0001
Concentración de IBA	2	1302.77	651.39	319.45	0.0001
Interacción Entre Factores	3	190.28	63.43	31.11	0.0001**
Error	24	48.94	2.04		
Total	31	2205.37			

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que existen diferencias altamente significativas en cada una de las interacciones con relación al peso de raíces en gramos a los 70 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre las interacciones de 16.59% de C.V., con respecto a la media del peso de raíces en gramos, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa para cada interacción.

Debido a que se presentaron diferencias altamente significativas entre cada interacción, se procedió a realizar una prueba múltiple de medias de Tukey para conocer qué interacción fue mejor con relación al peso de raíces en gramos a los 70 días después de

la siembra. El cuadro 45 muestra los resultados de la prueba múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5% para esta variable.

Cuadro 45. Prueba de Tukey para la variable peso de raíces en gramos por interacción a los 70 días después de la siembra.

Interacción	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey
T7	19.75	4	0.71	A
T8	19.5	4	0.71	A
T6	17.25	4	0.71	A
T5	7.5	4	0.71	B
T4	1.75	4	0.71	C
T3	1.63	4	0.71	C
T2	1.5	4	0.71	C
T1	0	4	0.71	C

Se puede observar que al comparar las interacciones entre las estacas epicórmicas más las concentraciones de IBA, la prueba de Tukey separó a la interacción de estacas epicórmicas más 0 ppm de IBA la cual solo presentó una media de 7.5 gramos de las otras tres interacciones dejándola por debajo de ellas, por lo tanto los mejores resultados para estas interacciones con relación al peso de raíces se dieron en donde sí existió aplicación de una concentración de IBA siendo las interacciones de: estacas epicórmicas más 2000 ppm de IBA con una media de 19.75 gramos, estacas epicórmicas más 3000 ppm de IBA con una media de 19.5 gramos y estacas epicórmicas más 1000 ppm de IBA con una media de 17.25 gramos en las cuales según Tukey no existe diferencia estadística significativa.

Así mismo se observa que para esta variable al comparar las interacciones entre las estacas adventicias más las concentraciones de IBA no existieron diferencias significativas ya que la prueba de Tukey las agrupó a todas en la letra C. Por lo tanto se determinó que las concentraciones de IBA si tuvieron efecto en el peso de raíces al haberse evaluado con la interacción entre las estacas epicórmicas más no en la interacción con las estacas adventicias.

7.3.4 Número de estacas con rebrotes

En las dos evaluaciones anteriores esta variable también obtuvo mejores resultados con diferencias altamente significativas en las estacas epicórmicas con relación a las adventicias, sin embargo para las concentraciones de IBA las diferencias en los resultados no fueron estadísticamente significativas, a continuación se evalúan los resultados en la interacción entre ambos factores. El cuadro 46 muestra los resultados del número de estacas con rebrotes por cada interacción a los 30 días de iniciado el experimento.

Se observa que en la interacción de estacas adventicias más 0 ppm de IBA se obtuvieron 19 estacas con rebrotes, en la interacción de estacas adventicias más 1000 ppm de IBA fueron 17 estacas brotadas, en la interacción de estacas adventicias más 2000 ppm de IBA 13 estacas brotadas y en la interacción de estacas adventicias más 3000 ppm de IBA se obtuvieron 16 estacas con rebrotes.

Cuadro 46. Número de estacas con rebrotes por cada interacción a los 30 días después de la siembra.

Interacción	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
T1	5	6	4	4	19
T2	4	6	3	4	17
T3	3	5	2	3	13
T4	4	4	5	3	16
T5	6	5	6	5	22
T6	9	8	7	8	32
T7	8	10	9	9	36
T8	8	10	8	9	35

También se observan los resultados del número de estacas con rebrotes por cada interacción de las estacas epicórmicas más cada una de las concentraciones de IBA, para la interacción de las estacas epicórmicas más 0 ppm de IBA fueron 22 estacas brotadas, en la interacción de las estacas epicórmicas más 1000 ppm de IBA se

presentaron 32 estacas con rebrotes, en la interacción de las estacas epicórmicas más 2000 ppm de IBA se presentaron 36 estacas brotadas y en la interacción de las estacas epicórmicas más 3000 ppm de IBA se obtuvieron 35 estacas con rebrotes.

Para evaluar si las diferencias existentes en cada interacción eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, el cual se presenta en el cuadro 47.

Cuadro 47. Análisis de varianza para la variable número de estacas con rebrotes por cada interacción a los 30 días después de la siembra.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tipo de Estacas	2	22.54	11.27	12.3	0.0002
Concentración de IBA	2	111.58	55.79	60.86	0.0001
Interacción Entre Factores	3	13.75	4.58	5	0.0078**
Error	24	22	0.92		
Total	31	169.88			

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que existen diferencias altamente significativas en cada una de las interacciones con relación al número de estacas con rebrotes a los 30 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre las interacciones de 16.13% de C.V., con respecto a la media del número de estacas con rebrotes, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa para cada interacción.

Debido a que se presentaron diferencias altamente significativas entre cada interacción, se procedió a realizar una prueba múltiple de medias de Tukey para conocer qué interacción fue mejor con relación al número de estacas con rebrotes a los 30 días después de la siembra (ver cuadro 48).

Según Tukey los mejores resultados para las interacciones de las estacas epicórmicas con las concentraciones de IBA con relación al número de estacas con rebrotes se dieron en donde sí existió aplicación de una concentración de IBA siendo las interacciones de:

estacas epicórmicas más 2000 ppm de IBA con una media de 9 estacas brotadas, estacas epicórmicas más 3000 ppm de IBA con una media de 8.75 estacas brotadas y estacas epicórmicas más 1000 ppm de IBA con una media de 8 estacas brotadas en las cuales según Tukey no existe diferencia estadística significativa; a diferencia de las estacas epicórmicas más 0 ppm de IBA la cual solo presentó una media de 5.5 estacas brotadas.

Cuadro 48. Prueba de Tukey para la variable número de estacas con rebrotes por interacción a los 30 días después de la siembra.

Interacción	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey
T7	9	4	0.48	A
T8	8.75	4	0.48	A
T6	8	4	0.48	A
T5	5.5	4	0.48	B
T1	4.75	4	0.48	B
T2	4.25	4	0.48	B
T4	4	4	0.48	B
T3	3.25	4	0.48	C

Así mismo se observa que para esta variable al comparar las interacciones entre las estacas adventicias más las concentraciones de IBA las mejores interacciones fueron: estacas adventicias más 0 ppm de IBA con una media de 4.75 estacas con rebrotes, estacas adventicias más 1000 ppm de IBA con una media de 4.25 estacas con rebrotes y estacas adventicias más 3000 ppm de IBA con una media de 4 estacas con rebrotes, en las cuales no existieron diferencias significativas; quedando en último lugar la interacción de estacas adventicias más 2000 ppm de IBA con una media de 3.25 estacas con rebrotes.

La figura 12 muestra las medias del número de estacas con rebrotes para las interacciones entre las estacas adventicias y las estacas epicórmicas mas las concentraciones de IBA a los 30 días después de la siembra.

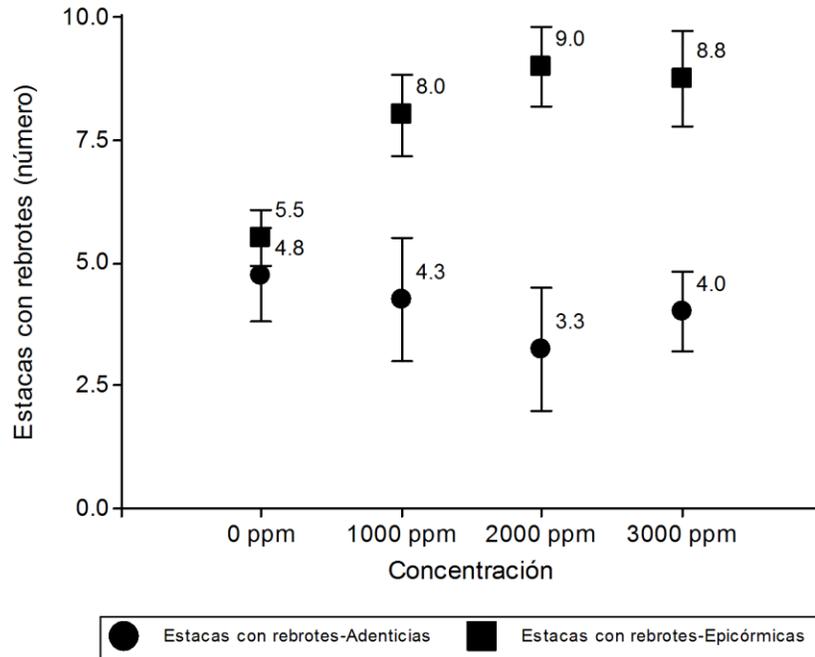


Figura 12. Gráfica de puntos de las medias del número de estacas con rebrotes para las interacciones entre las estacas adventicias y las estacas epicórmicas más las concentraciones de IBA a los 30 días después de la siembra.

En la figura anterior se pueden apreciar las diferencias altamente significativas que existen entre las medias de estacas brotadas para cada una de las interacciones, se observa que las interacciones entre las estacas epicórmicas con las concentraciones de IBA obtuvieron mejores resultados que las interacciones entre las estacas adventicias con las concentraciones de IBA.

Para ver si las cantidades de estacas con rebrotes aumentaban o disminuían en cada una de las interacciones, se realizó otra lectura a los 40 días después de la siembra, en el cuadro 49 se presentan los resultados del número de estacas que emitieron rebrotes por cada interacción a los 40 días después de la siembra o iniciada la investigación.

En el cuadro se observa que en la interacción de estacas adventicias más 0 ppm de IBA se obtuvieron 21 estacas con rebrotes, aumentando 2 estacas con relación a la lectura anterior; en la interacción de estacas adventicias más 1000 ppm de IBA fueron 19 estacas

brotadas, aumentando también 2 estacas con relación a la lectura anterior; en la interacción de estacas adventicias más 2000 ppm de IBA 16 estacas brotadas, aumentando 3 estacas con relación a la lectura anterior y en la interacción de estacas adventicias más 3000 ppm de IBA se obtuvieron 18 estacas con rebrotes, aumentando 2 estacas con relación a la lectura anterior.

Cuadro 49. Número de estacas con rebrotes por cada interacción a los 40 Días después de la siembra.

Interacción	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
T1	6	6	4	5	21
T2	4	6	4	5	19
T3	2	5	4	5	16
T4	5	4	6	3	18
T5	6	7	6	5	24
T6	9	8	9	8	34
T7	9	10	10	9	38
T8	8	10	8	9	35

También en el cuadro anterior se observan los resultados del número de estacas con rebrotes por cada interacción de las estacas epicórmicas más cada una de las concentraciones de IBA, para la interacción de las estacas epicórmicas más 0 ppm de IBA fueron 24 estacas brotadas, aumentando 2 estacas con relación a la lectura anterior; en la interacción de las estacas epicórmicas más 1000 ppm de IBA se presentaron 34 estacas con rebrotes, aumentando también 2 estacas con relación a la lectura anterior; en la interacción de las estacas epicórmicas más 2000 ppm de IBA se presentaron 38 estacas brotadas, aumentando 2 estacas con relación a la lectura anterior y en la interacción de las estacas epicórmicas más 3000 ppm de IBA se obtuvieron 35 estacas con rebrotes sin aumentar la cantidad con relación a la lectura anterior.

Para evaluar si las diferencias existentes en cada interacción eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, el cual se presenta en el cuadro 50.

Cuadro 50. Análisis de varianza para la variable respuesta número de estacas con rebrotes por cada interacción a los 40 días después de la siembra.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tipo de Estacas	2	21.59	10.8	11.15	0.0004
Concentración de IBA	2	96.75	48.38	49.94	0.0001
Interacción Entre Factores	3	14.13	4.71	4.86	0.0088**
Error	24	23.25	0.97		
Total	31	155.72			

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que existen diferencias altamente significativas en cada una de las interacciones con relación al número de estacas con rebrotes a los 40 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre las interacciones de 15.36% de C.V., con respecto a la media del número de estacas con rebrotes, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa para cada interacción.

Debido a que se presentaron diferencias altamente significativas entre cada interacción, se procedió a realizar una prueba múltiple de medias de Tukey para conocer qué interacción fue mejor para esta variable. El cuadro 51 muestra los resultados de la prueba múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5% con relación al número de estacas con rebrotes por interacción a los 40 días después de la siembra.

De acuerdo con esta prueba, los mejores resultados para las interacciones de las estacas epicórmicas con las concentraciones de IBA para esta variable, fueron una vez más las estacas epicórmicas más 2000 ppm de IBA con una media de 9.5 estacas brotadas, estacas epicórmicas más 3000 ppm de IBA con una media de 8.75 estacas brotadas y estacas epicórmicas más 1000 ppm de IBA con una media de 8.5 estacas brotadas en las cuales según Tukey no existe diferencia estadística significativa; a diferencia de las

estacas epicórmicas más 0 ppm de IBA las cuales solo presentaron una media de 6 estacas brotadas. Estas diferencias pudieron deberse a que para este período las concentraciones de IBA ya estaban haciendo efecto en la formación de raíces las cuales absorbieron agua y nutrientes que permitieron que rebrotaran más estacas.

Cuadro 51. Prueba de Tukey para la variable número de estacas con rebrotes por interacción a los 40 días después de la siembra.

Interacción	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey
T7	9.5	4	0.49	A
T8	8.75	4	0.49	A
T6	8.5	4	0.49	A
T5	6	4	0.49	B
T1	5.25	4	0.49	B
T2	4.75	4	0.49	B
T4	4.5	4	0.49	B
T5	4	4	0.49	B

Así mismo se observa que para esta variable al comparar las interacciones entre las estacas adventicias más las concentraciones de IBA no existieron diferencias significativas.

7.3.5 Calidad del rebrote

En las dos evaluaciones anteriores esta variable también obtuvo mejores resultados con diferencias altamente significativas en las estacas epicórmicas con relación a las adventicias, sin embargo para las concentraciones de IBA las diferencias en los resultados no fueron estadísticamente significativas, a continuación se evalúan los resultados en la interacción entre ambos factores. El cuadro 52 muestra los resultados de la cantidad de rebrotes por cada interacción a los 50 días de iniciado el experimento. Para evaluar la calidad del rebrote se asumió que mientras más rebrotes se presentaban serían de mejor calidad, tal y como se mencionó en la metodología, es importante mencionar que algunas estacas solo tuvieron la capacidad de emitir un rebrote, otras emitieron dos o más y en algunas no se dio la emisión rebrotes.

Cuadro 52. Cantidad de rebrotes por cada interacción a los 50 días después de la siembra.

Interacción	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
T1	7	7	5	6	25
T2	7	5	5	7	24
T3	4	8	3	8	23
T4	7	6	8	5	26
T5	6	10	8	6	30
T6	12	10	10	15	47
T7	13	17	14	13	57
T8	12	13	14	14	53

En el cuadro anterior se observan las cantidades de rebrotes por cada interacción a los 50 días de iniciada la investigación, se observa que en la interacción de estacas adventicias más 0 ppm de IBA se obtuvieron 25 rebrotes, en la interacción de estacas adventicias más 1000 ppm de IBA fueron 24 rebrotes, en la interacción de estacas adventicias más 2000 ppm de IBA se presentaron 23 rebrotes y en la interacción de estacas adventicias más 3000 ppm de IBA se obtuvieron 26 rebrotes.

También se observan los resultados de las cantidades de rebrotes que se presentaron por cada interacción de las estacas epicórmicas más cada una de las concentraciones de IBA, para la interacción de las estacas epicórmicas más 0 ppm de IBA se presentaron 30 rebrotes, en la interacción de las estacas epicórmicas más 1000 ppm de IBA se presentaron 47 rebrotes, en la interacción de las estacas epicórmicas más 2000 ppm de IBA se presentaron 57 rebrotes y en la interacción de las estacas epicórmicas más 3000 ppm de IBA se obtuvieron 53 rebrotes.

Para evaluar si las diferencias existentes en cada interacción eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ver cuadro 53).

El cuadro muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que existen diferencias significativas en cada una de

las interacciones con relación a la calidad del rebrote determinada por la cantidad de rebrotes a los 50 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre las interacciones de 19.68% de C.V., con respecto a la media del número de rebrotes, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa para cada interacción.

Cuadro 53. Análisis de varianza para la variable calidad del rebrote, determinada por la cantidad de rebrotes por cada interacción a los 50 días después de la siembra.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tipo de Estacas	2	82.64	41.32	13.45	0.0001
Concentración de IBA	2	233.08	116.54	37.93	0.0001
Interacción Entre Factores	3	39.25	13.08	4.26	0.0152*
Error	24	73.75	3.07		
Total	31	428.72			

Debido a que se presentaron diferencias significativas entre cada interacción, se procedió a realizar una prueba múltiple de medias de Tukey para conocer qué interacción fue mejor con relación a la calidad del rebrote a los 50 días después de la siembra. El cuadro 54 muestra los resultados de la prueba múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5% para la variable evaluada.

Cuadro 54. Prueba de Tukey para la variable calidad del rebrote, determinada por la cantidad de rebrotes por cada interacción a los 50 días después de la siembra.

Interacción	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey
T7	14.25	4	0.88	A
T8	13.25	4	0.88	A
T6	11.75	4	0.88	A
T5	7.5	4	0.88	B
T4	6.5	4	0.88	B
T1	6.25	4	0.88	B
T2	6	4	0.88	B
T3	5.75	4	0.88	B

De acuerdo a los resultados de esta prueba, se determina que para las interacciones de las estacas epicórmicas mas las concentraciones de IBA los mejores resultados se dieron en donde sí existió aplicación de una concentración de IBA siendo las interacciones de:

estacas epicórmicas más 2000 ppm de IBA con una media de 14.25 rebrotes, estacas epicórmicas más 3000 ppm de IBA con una media de 13.25 rebrotes y estacas epicórmicas más 1000 ppm de IBA con una media de 11.75 rebrotes, en las cuales según Tukey no existe diferencia estadística significativa; a diferencia de las estacas epicórmicas más 0 ppm de IBA en las cuales solo se dio una media de 7.5 rebrotes. Se asume que para este período las concentraciones de IBA ya estaban haciendo efecto en la formación de raíces las cuales absorbieron agua y nutrientes que favorecieron la formación de más rebrotes en las estacas haciéndolos de mejor calidad.

Así mismo se observa que para esta variable al comparar las interacciones entre las estacas adventicias más las concentraciones de IBA no existieron diferencias significativas ya que la prueba de Tukey las agrupó a todas en el segundo grupo estadístico, representado con la letra B.

Para evaluar la calidad del rebrote, también se midió la cantidad de hojas emitidas por cada interacción, el cuadro 55 muestra la cantidad de hojas emitidas por cada interacción a los 50 días después de siembra de las estacas, observándose que mientras más hojas tenían los rebrotes la calidad de los mismos era mejor ya que presentaban más características de vigorosidad y desarrollo.

Se observa que en la interacción de estacas adventicias más 0 ppm de IBA se formaron 31 hojas, en la interacción de estacas adventicias más 1000 ppm de IBA fueron 33 hojas, en la interacción de estacas adventicias más 2000 ppm de IBA se formaron 33 hojas y en la interacción de estacas adventicias más 3000 ppm de IBA se formaron también 33 hojas. Es importante mencionar que algunos rebrotes solo tuvieron la capacidad de formar una hoja compuesta sobre el mismo, otros formaron dos o más hojas y en algunos pocos no se dio la formación de hojas quedándose solamente con el primordio del rebrote.

Se observan además los resultados de las cantidades de hojas por cada interacción de las estacas epicórmicas más cada una de las concentraciones de IBA, para la interacción

de las estacas epicórmicas más 0 ppm de IBA se formaron 53 hojas, en la interacción de las estacas epicórmicas más 1000 ppm de IBA se formaron 57 hojas, en la interacción de las estacas epicórmicas más 2000 ppm de IBA se presentaron 86 hojas y en la interacción de las estacas epicórmicas más 3000 ppm de IBA se obtuvieron 95 hojas.

Cuadro 55. Cantidad de hojas por interacción a los 50 días después de la siembra.

Interacción	Repeticiones				Total
	I	II	III	IV	
T1	8	10	5	8	31
T2	8	6	8	11	33
T3	8	10	7	8	33
T4	13	6	10	4	33
T5	10	19	12	12	53
T6	15	13	14	15	57
T7	19	24	21	22	86
T8	22	26	24	23	95

Para evaluar si las diferencias existentes en cada interacción eran estadísticamente significativas, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ver cuadro 56).

Cuadro 56. Análisis de varianza para la variable calidad del rebrote, determinada por la cantidad de hojas por cada interacción a los 50 días después de la siembra.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tipo de Estacas	2	135.76	67.88	10.84	0.0004
Concentración de IBA	2	98.58	49.29	7.87	0.0023
Interacción Entre Factores	3	903.63	301.21	48.11	0.0001**
Error	24	150.25	6.26		
Total	31	1288.22			

El cuadro anterior muestra a través del análisis de varianza ANDEVA, con un nivel de confianza del 95% y una significancia del 5% que existen diferencias altamente significativas en cada una de las interacciones con relación a la calidad del rebrote determinada por la cantidad de hojas a los 50 días después de la siembra, mostrando una variabilidad entre las interacciones de 19.02% de C.V., con respecto a la media de

la cantidad de hojas, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa para cada interacción.

Debido a que se presentaron diferencias altamente significativas entre cada interacción, se procedió a realizar una prueba múltiple de medias de Tukey para conocer qué interacción fue mejor con relación a la calidad del rebrote determinada por la cantidad de hojas a los 50 días después de la siembra. El cuadro 57 muestra los resultados de la prueba múltiple de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5% para esta variable.

Cuadro 57. Prueba de Tukey para la variable calidad del rebrote, determinada por la cantidad de hojas por cada interacción a los 50 días después de la siembra.

Interacción	Medias	n	E.E.	Grupo Tukey
T8	23.75	4	1.25	A
T7	21.5	4	1.25	A
T6	14.25	4	1.25	B
T5	13.25	4	1.25	B
T2	8.25	4	1.25	C
T3	8.25	4	1.25	C
T4	8.25	4	1.25	C
T1	7.75	4	1.25	C

Se puede observar que al comparar las interacciones entre las estacas epicórmicas más las concentraciones de IBA, los mejores resultados para esta variable los obtuvieron las estacas epicórmicas más 3000 ppm de IBA las cuales presentaron una media de 23.75 hojas junto a las estacas epicórmicas más 2000 ppm de IBA las cuales presentaron una media de 21.5 hojas, seguido de las estacas epicórmicas más 1000 ppm de IBA las cuales presentaron una media de 14.25 hojas y estacas epicórmicas más 0 ppm de IBA las cuales presentaron una media de 13.25 hojas.

Así mismo se observa que para esta variable al comparar las interacciones entre las estacas adventicias más las concentraciones de IBA no existieron diferencias significativas ya que la prueba de Tukey las agrupó a todas en el tercer grupo estadístico.

7.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico fue enfocado en un análisis de costos por cada tratamiento para determinar cuál o cuáles de los ocho eran los más rentables y los de mejor relación beneficio costo, se tabularon todos los datos que se obtuvieron de los jornales, insumos y materiales para calcular los rubros totales, en anexos se muestran todos los gastos desglosados de manera general, se determinó que existen costos comunes y costos específicos para cada tratamiento, el cuadro 58 muestra los costos comunes para cada tratamiento.

Cuadro 58. Costos comunes para todos los tratamientos, en la reproducción asexual de Ceiba aesculifolia, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Descripción	Costo
Limpia del terreno 5 * 4 metros	Q6.00
Colocación parales y reglas (Armadura de invernadero)	Q120.00
Colocación de nylon de invernadero	Q120.00
Instalación sistema de riego	Q30.00
Nebulizadores	Q140.00
Manguera de poliducto	Q30.00
Parales	Q128.00
Reglas	Q176.00
Nylon especial para invernadero	Q415.80
Clavos	Q12.00
Costo total Invernadero	Q1,177.80
Elaboración de camas germinadoras	Q60.00
Polines para camas germinadoras	Q40.00
Listones para camas germinadoras	Q18.00
Cajas	Q144.00
Tierra negra	Q120.00
Arena Pómez	Q64.00
Kilol (Fungicida/Bactericida)	Q7.00
Preparación de sustrato, desinfección y llenado de cajas	Q30.00
Preparación de las concentraciones, aplicación y siembra	Q120.00
Costo total preparación de sustrato	Q603.00
Gran total costos comunes	Q1,780.80

El cuadro anterior muestra los costos comunes para todos los tratamientos, desde la limpia del terreno para la elaboración del invernadero hasta la preparación de las concentraciones, aplicación y siembra de las estacas. Para determinar el costo común por cada tratamiento, el total de los costos comunes se dividió dentro de los ocho tratamientos, sin embargo para fines de cálculo el total del costo de invernadero se dividió entre dos considerando que el invernadero puede ser reutilizado para posteriores investigaciones o producciones. El cuadro 59 muestra el costo común para cada tratamiento.

Cuadro 59. Costo común por cada tratamiento, en la reproducción asexual de *Ceiba aesculifolia*, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Tratamiento	Costo común
T1	Q148.99
T2	Q148.99
T3	Q148.99
T4	Q148.99
T5	Q148.99
T6	Q148.99
T7	Q148.99
T8	Q148.99

El cuadro anterior muestra el costo común para cada tratamiento, el cual resultó del costo total del invernadero dividido dos $Q1177.80/2$ más el costo total de preparación del sustrato $Q603.00$ dividido ocho tratamientos, dando un valor de $Q148.99$ como costo común por tratamiento. Como se mencionó anteriormente el valor total del costo de invernadero se dividió entre dos considerando que el invernadero puede ser reutilizado para posteriores investigaciones o producciones.

El costo específico para cada tratamiento fue determinado por el tipo de estaca y por las concentraciones de ácido indolbutírico. El cuadro 60 muestra el costo específico para cada tratamiento.

Cuadro 60. Costo específico para cada tratamiento, en la reproducción asexual de *Ceiba aesculifolia*, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Tratamiento	Valor por tipo de estaca	Valor por ppm de IBA	Total
T1	Q15.00	Q0.00	Q15.00
T2	Q15.00	Q1.91	Q16.91
T3	Q15.00	Q3.82	Q18.82
T4	Q15.00	Q5.75	Q20.75
T5	Q22.50	Q0.00	Q22.50
T6	Q22.50	Q1.91	Q24.41
T7	Q22.50	Q3.82	Q26.32
T8	Q22.50	Q5.75	Q28.25

En el cuadro anterior se observan los valores de los costos específicos para cada tratamiento, los cuales fueron determinados por el tipo de estacas y por las concentraciones de ppm de IBA, se observa que el valor específico para los rebrotes epicórmicos es mayor que el de los rebrotes adventicios debido a la preparación de los tocones para la emisión de los rebrotes, además se observa que los valores por ppm de IBA fueron calculados en base a las proporción de gramos, partiendo que el valor de 10 gramos de IBA fue de Q75.00. En el cuadro 61 se presentan los costos totales por cada tratamiento.

Cuadro 61. Costos totales por cada tratamiento, en la reproducción asexual de *Ceiba aesculifolia*, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Tratamiento	Costo común	Costo específico	Total
T1	Q148.99	Q15.00	Q163.99
T2	Q148.99	Q16.91	Q165.90
T3	Q148.99	Q18.82	Q167.81
T4	Q148.99	Q20.75	Q169.74
T5	Q148.99	Q22.50	Q171.49
T6	Q148.99	Q24.41	Q173.40
T7	Q148.99	Q26.32	Q175.31
T8	Q148.99	Q28.25	Q177.24

En el cuadro anterior se pueden apreciar los costos totales para todos los tratamientos evaluados, se aprecia que los de menor costo fueron los tratamientos con estacas

adventicias, tratamientos del T1 al T4, mientras que los tratamientos con estacas epicórmicas resultaron con un mayor costo, del T5 al T8.

El valor por planta de *Ceiba aesculifolia* reproducida por semillas en los viveros de la región oscila entre los Q5.00 a Q6.00, para la presente investigación por tratarse de clones se estimó el valor de cada planta en Q8.00, el cual se considera que es un precio aceptable por las personas y/o empresas que compran o comercializan esta especie. En el cuadro 62 se muestran los resultados de rentabilidad por tratamiento evaluado en base a los costos e ingresos de cada uno.

Cuadro 62. Rentabilidad por tratamiento evaluado, en la reproducción asexual de *Ceiba aesculifolia*, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Tratamiento	Costo	Ingreso	Rentabilidad %
T1	Q163.99	Q0.00	0.00
T2	Q165.90	Q104.00	-37.31
T3	Q167.81	Q88.00	-47.56
T4	Q169.74	Q128.00	-24.59
T5	Q171.49	Q176.00	2.63
T6	Q173.40	Q264.00	52.25
T7	Q175.31	Q304.00	73.41
T8	Q177.24	Q272.00	53.47

En el cuadro anterior se puede observar que el tratamiento que presentó mejor porcentaje de rentabilidad fue el tratamiento 7, correspondiente a rebrotes epicórmicos más 2000 ppm de IBA el cual presentó 73.41% de rentabilidad, seguido de los tratamientos 8 y 6 correspondientes a rebrotes epicórmicos más 3000 ppm de IBA y rebrotes epicórmicos más 1000 ppm de IBA los cuales presentaron 53.47 y 52.25% de rentabilidad respectivamente. Además se observa que el tratamiento 5 rebrotes epicórmicos más 0 ppm de IBA presentó un porcentaje bajo de rentabilidad siendo de 2.63%. Los tratamientos del 2 al 4 no fueron rentables y en el tratamiento 1 no se calculó la rentabilidad porque no se presentaron estacas enraizadas. En el cuadro 63 se muestran los resultados de relación beneficio costo presentada por cada tratamiento.

Cuadro 63. Relación beneficio/costo por tratamiento evaluado, en la reproducción asexual de *Ceiba aesculifolia*, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

Tratamiento	Costo	Ingreso	Relación Beneficio/Costo
T1	Q163.99	Q0.00	0.00
T2	Q165.90	Q104.00	0.63
T3	Q167.81	Q88.00	0.52
T4	Q169.74	Q128.00	0.75
T5	Q171.49	Q176.00	1.03
T6	Q173.40	Q264.00	1.52
T7	Q175.31	Q304.00	1.73
T8	Q177.24	Q272.00	1.53

En el cuadro anterior se puede observar que el tratamiento que presentó mejor relación beneficio/costo fue el tratamiento 7 correspondiente a rebrotes epicórmicos más 2000 ppm de IBA el cual presentó 1.73 de relación beneficio costo, significa que por cada Q1.00 que se invirtió en este tratamiento se generó Q0.73 de ganancia o beneficio, seguido de los tratamientos 8 y 6 correspondientes a rebrotes epicórmicos más 3000 ppm de IBA y rebrotes epicórmicos más 1000 ppm de IBA los cuales presentaron 1.53 y 1.52 de relación beneficio costo respectivamente, de la misma manera indican que por cada Q1.00 invertido en estos tratamientos se generó Q0.53 y Q0.52 de ganancia respectivamente.

El tratamiento 5 rebrotes epicórmicos más 0 ppm de IBA presentó una relación beneficio costo muy baja de 1.03 lo cual indica que por cada Q1.00 invertido para este tratamiento solo se generó Q0.03. Se observa también, que los tratamientos del 2 al 4 no presentaron una relación beneficio costo superior a uno, por lo tanto estos tratamientos no son beneficiosos y en el tratamiento 1 no se calculó la relación beneficio costo porque no se presentaron estacas enraizadas.

8. CONCLUSIONES

1. De los dos tipos de estacas evaluados para la reproducción asexual de la ceiba *Ceiba aesculifolia* se determinó que para la variable número de estacas enraizadas las mejores fueron las estacas epicórmicas, las cuales presentaron un 79.40% de estacas enraizadas contra un 25% para las adventicias, así mismo se determinó que para las variables número de raíces y peso de raíces las de mejores resultados fueron también las epicórmicas con diferencias estadísticas altamente significativas con relación a las adventicias.
2. Para las variables número de estacas con rebrotes y calidad del rebrote, las estacas que presentaron mejores resultados fueron también las epicórmicas presentando diferencias estadísticas altamente significativas con relación a las adventicias.
3. Al evaluar de manera individual las concentraciones de IBA en el enraizamiento de las estacas de ceiba *Ceiba aesculifolia* se determinó que la concentración de 0 ppm de IBA presentó un total de 28% de estacas enraizadas, la concentración de 1000 ppm de IBA presentó un total de 58% de estacas enraizadas, la concentración de 2000 ppm de IBA presentó un total de 61% de estacas enraizadas y la concentración de 3000 ppm de IBA presentó un total de 63% de estacas enraizadas, sin embargo la prueba de Tukey indicó que estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.
4. La concentración de IBA que presentó mejores resultados para el enraizamiento de las estacas, al evaluarlas con la interacción entre las estacas epicórmicas fue la de 2000 ppm, ya que presentó un total de 95% de estacas enraizadas, seguido de la concentración de 3000 ppm con un 85% de estacas enraizadas y la concentración de 1000 ppm con un 83% de estacas enraizadas, mientras que la concentración de 0 ppm sólo presentó un 55% de estacas enraizadas.

5. La concentración de IBA que presentó mejores resultados para el enraizamiento de las estacas, en las interacciones con las estacas adventicias fue la de 3000 ppm, ya que presentó un total de 40% de estacas enraizadas, seguido de la concentración de 1000 ppm con un 33% de estacas enraizadas y la concentración de 2000 ppm con un 28% de estacas enraizadas, mientras que la concentración de 0 ppm presentó un 0% de estacas enraizadas.
6. En la emisión de rebrotes, las concentraciones de IBA también tuvieron efecto al evaluarlas con la interacción entre las estacas epicórmicas, ya que la mejor concentración fue la de 2000 ppm, la cual presentó un total de 90% de estacas con rebrotes, seguido de la concentración de 3000 ppm la cual presentó 88% de estacas con rebrotes y la concentración de 1000 ppm con un 80% de estacas con rebrotes, mientras que la concentración de 0 ppm sólo presentó 55% de estacas con rebrotes.
7. El costo de la reproducción asexual de los diferentes tratamientos fue de: tratamiento 1 = Q163.99, tratamiento 2 = Q165.90, tratamiento 3 = Q167.81, tratamiento 4 = Q169.74, tratamiento 5 = Q171.49, tratamiento 6 = Q173.40, tratamiento 7 = Q175.31 y tratamiento 8 = Q177.24.
8. El tratamiento 7 correspondiente a rebrotes epicórmicos más 2000 ppm de IBA fue el mejor económicamente, el cual presentó un 73.41% de rentabilidad y una relación beneficio-costos de 1.73 debido a la cantidad de estacas enraizadas que presentó.

9. RECOMENDACIONES

1. Debido a los resultados muy favorables que presentaron las estacas de ceiba *Ceiba aesculifolia* provenientes de rebrotes epicórmicos, se recomienda la creación de jardines clonales para posteriormente obtener ese tipo de estacas en masa.
2. Propagar la ceiba *Ceiba aesculifolia* por el método asexual pero con estacas epicórmicas.
3. Realizar otra investigación y aumentar las concentraciones de IBA para ver si aumentan las cantidades de estacas enraizadas.
4. Realizar otras investigaciones para reproducir asexualmente la ceiba *Ceiba aesculifolia* utilizando solo estacas epicórmicas y hacer la evaluación final a los 50 días después de la siembra, debido a que en la presente investigación se asumió que en ese período ya había formación de raíces.
5. Realizar otras investigaciones para reproducir asexualmente otras especies forestales de preferencia de alto valor comercial utilizando solo estacas provenientes de rebrotes epicórmicos.
6. No propagar la ceiba por medio de estacas provenientes de rebrotes adventicios ya que los resultados de enraizado son bastante bajos.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Avendaño, A.; Casas, A.; Dávila, P. y Lira, R. (2006). Use forms, management and commercialization of pochote *Ceiba aesculifolia* (H.B. & K.) Britten and Baker f. subsp. *parvifolia* (Rose) P.E. Gibbs and Semir (Bombacaceae) in the Tehuacán Valley. Central Mexico. J. Arid Environ. 67(1). 35 p.
- Avendaño, A.; Casas, A.; Dávila, P. y Lira, R. (2009). In situ Management and Patterns of Morphological Variation of *Ceiba aesculifolia* subsp. *parvifolia* (Bombacaceae) in the Tehuacain-Cuicatlain Valley. Universidad Nacional Autónoma de Mexico, UNAM. Mexico. Economic Botany. 63(2). p. 138-151.
- Avendaño, R. (1998). Bombacaceae. Flora de Veracruz, Fascículo 107. Bombacaceae Instituto de Ecología, AC; Xalapa, Veracruz, México. 40 p.
- Badilla, Y. y Murillo, O. (2005). Enraizamiento de estacas de especies forestales. Kuru. 2da. edición. Costa Rica. 1-6 p. (En línea) Consultado el 15 de Agos. 2016. Disponible en: <https://www.google.com/search?q=cache:aeyTSH8tK4J:www.itcr.ac.cr/revistakuru/antiores/antior6/pdf/Solucion%25201.pdf+las+bandejas>
- Baker, H. (1991). *Ceiba aesculifolia*, (Bombacaceae), Ceiba, Ceibo, Kapok tree. Ed. Historia Natural de Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 29 p.
- Barillas, L. (2015). Enraizamiento de esquejes de clavel chino (*Dianthus Chinensis*, Caryophyllaceae) en sustratos de diferentes proporciones de turba y arena volcánica en Jalapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. URL. 51 p.

Bayer, C. y Kubitzki K. (2003). Malvaceae. In: Kubitzki, K. (ed.), The families and genera of vascular plants, vol. Malvales, Capparales and non-betain Caryophyllales. 225-311 p.

Bellefontaine, R.; Edelins, C.; Ichaou, A.; Laurens, D.; Monsarrat, A. y Loquai, C. (2000). Le drageonnage, alternative aux semis et aux plantations de ligneux dans les zones semi-arides: protocole de recherches. Science et Changements Planétaires / Sécheresse 11 (4). 226 p.

Canales, M.; Hernández, T.; Caballero, N.; Ávila, G.; Duran, A. y Lira R. (2005). Informant consensus factor and antibacterial activity of the Medicinal plants used by the people of San Rafael Coxcatlan, Puebla, Mexico. J. Ethnopharmacol., 3ra. Edición. 439 p.

Carranza, E. y Blanco A. (2000). Familia Bombacaceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Inst. de Ecología A.C.-Centro Reg. Bajío. Fasc. 90 p.

Cascante, A. (1997). La familia Bombacaceae (Malvales) en Costa Rica. Brenesia 48 p. (En Línea) Consultado el 18 de Agos. de 2016. Disponible en: <http://www.tropicos.org/Reference/1011187>

Castillo, E y Moreno, V. (2000). Propagación de plantas silvestres en el jardín botánico. En: El Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín, fundamento y estudios particulares. Sánchez, S.O., Islebe, G.A., (Eds.). ECOSUR-CONABIO. Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Silvicultura. 147 p.

CONABIO. (2009). Catálogo taxonómico de especies de México. 1. In Capital Nat. México. CONABIO, Mexico City. (En Línea) Consultado el 16 de Agos. de 2016. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/DT005_Anexo_2.pdf

- Dos Santos, L.; Barbosa, M.; Brito, R.; Dallabona, J. y Clarete, E. (2016). Caesalpinia ferrea Mart. ex. Tul. var. ferrea: STUDY OF VEGETATIVE PROPAGATION. International Journal of Agriculture and Environmental Research. Brazil. p 1138-1148
- Estévez, J. (1994). Caracterización del rebrote en cepas de Quillay (Quillaja saponaria Mol.) fundo El Toyo Región Metropolitana. Memoria de Ingeniero Forestal. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 134 p.
- García, I. (2007). Evaluación de dos sustratos y seis concentraciones de ácido indolbutírico para el enraizamiento de acodos aéreos en dracaena (Dracaena marginata Lam.: Agavaceae) Finca La Esperanza, Coatepeque, Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. Facultad de agronomía. USAC. 70 p.
- Gibbs, P. y Semir, J. (2003). A taxonomic revision of the genus Ceiba Mill. (Bombacaceae). Anales Botanical garden of Madrid. 60. p. 259-300.
- Gómez, E. (2013). Evaluación del efecto del ácido indolbutírico en estacas de diferente longitud de Jatropha curcas L., en Finca Sábana grande, El Rodelo, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. Facultad de Agronomía. USAC. 110 p.
- Guillén, A. (2006). Diagnóstico del departamento de compras de Beaucarnea guatemalensis y evaluación del efecto de tres concentraciones de ácido indolbutírico en el enraizamiento de Beaucarnea guatemalensis. Realizado en la empresa Pony S.A., en el municipio de San Jerónimo Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. Facultad de Agronomía. USAC. 96 p.
- Herrerías, D.; Quesada, M.; Stoner, K.; y Lobo, J. (2006). Effects of Forest Fragmentation on Phenological Patterns and Reproductive Success of the Tropical Dry Forest Tree Ceiba aesculifolia. Universidad Nacional Autónoma de Mexico, Campus

Morelia, Mexico, Universidad de Costa Rica, Escuela de Biología, San José, Costa Rica. Society For Conservation Biology. p. 1111-1120

Integrated Taxonomic Information System. ITIS. (2016). Enciclopedia de la Vida. (EOL). (en línea). Consultado 04 Oct. 2016. Disponible en <http://www.itis.gov/>

Lobo, J.; Quesada, M.; Stoner, K.; Fuchs, E.; Herrerías, D.; Rojas, J.; y Saborío, G. (2003). Factors affecting phenological patterns of bombacaceous trees in seasonal forests in Costa Rica and México. Universidad de Costa Rica, Escuela de Biología, San Pedro, Costa Rica, Universidad Nacional Autónoma de Mexico, Campus Morelia, Mexico. American Journal Of Botany. p. 1054-1063.

López, E. y González B. (2014). Diseño y análisis de experimentos (en línea). Guatemala. Consultado 10 Sep. 2016. Disponible en http://fausac.usac.edu.gt/GPublica/images/2/2b/Dise%C3%B1o_y_An%C3%A1lisis_de_Experimentos_2014.pdf

Louman, B.; Quirós, D.; y Nilsson, M. (2001). Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 265 p.

Madrid, H. (2016). Recuperación de aprovechamientos de Ceiba *Ceiba aesculifolia* en Región Norte. (Entrevista). Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. Instituto Nacional de Bosques INAB. Región II.

Mazariegos, L. (2011). Efecto de cuatro concentraciones de ácido indolbutírico (IBA) y tres niveles de consistencia de estacas en la propagación asexual de papaua (*Annona diversifolia* Saff; Anonaceae) Pajapita, San Marcos. Tesis Ing. Agr. Guatemala. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. URL. 53 p.

Montoya, A. (2002). Análisis de Costos de inversión, Mantenimiento e Ingresos de diferentes Sistemas de Cultivo en Sustrato y en Suelo en la Producción de Rosa y

Clavel (En línea). Consultado 08 de Agos. de 2016. Disponible en:
http://www.maa.gba.gov.ar/agricultura_ganaderia/floricultura/EXTENSION/36.doc

Moura, P. (1999). Mecanismos financieros para el desarrollo sostenible de los bosques. s.l, PNUD. 201 p.

Murillo, O.; Rojas J. y Badilla, Y. (2003). Reforestación clonal. 2 ed. Cartago, Costa Rica, IICA, Escuela de Ingeniería Forestal / Expomaderas / FUNDECOR. 36 p.

Ovalle, J. (2010). Evaluación de concentraciones de auxinas para la propagación vegetativa comercial de 4 especies forestales: Melina (*Gmelina arborea*), Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*), Pino (*Pinus patula*) y Pinabete (*Abies guatemalensis*) Pilonos de Antigua, Antigua Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. Facultad de Agronomía. USAC. 69 p.

Pagaza, E. y Fernández R. (2004). La familia Bombacaceae en la cuenca del río Balsas, México. POLIBOTANICA, Número 17, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México. 102 p.

Quesada, M.; Herrerías, D.; Lobo, J.; Sánchez, G.; Rosas, F.; y Aguilar, R. (2013). Long-term effects of habitat fragmentation on mating patterns and gene flow of a tropical dry forest tree, *Ceiba aesculifolia* (Malvaceae: Bombacoideae). American Journal of Botany 100. p. 1095-1101.

Quesada, M.; Stoner, K.; Lobo, J.; Herrerías, D.; Palacios, C.; Murguía, M.; y Oseguera, K. (2004). Effects of forest fragmentation on pollinator activity and consequences for plant reproductive success and mating patterns in bat pollinated bombacaceous trees. *Biotropica* 36. p. 131-138.

Rivera, J. (2000). *Ceiba aesculifolia* (K). In: J.K. Francis y C.A. Lowe, eds. Bioecología de arbóreas nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales.

General Technical Report IITF-15. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal. Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. Río Piedras, Puerto Rico. 138 p.

Roldán, I. (2006). Fronoso Árbol Sagrado. *Prensa Libre* (Guatemala). Consultado el 08 de Agos. de 2016, disponible en: <http://servicios.prensalibre.com/pl/domingo/archivo/revistad/2006/febrero06/050206/dhistoria.shtml>

Sánchez, O. y Hernández, C. (2004). Estudio morfológico de plántulas de la familia bombacaceae en Quintana Roo, México Foresta Veracruzana, vol. 6, núm. 2, Recursos Genéticos Forestales Xalapa, México. 1-9 p.

Toledo, L. (2005). Descripción del rebrote en cepas de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. Memoria de Ingeniero Forestal. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 81 p.

Sinaj, J. (2007). Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión, municipio de Fray Bartolomé de las Casas, departamento de Alta Verapaz. Ejercicio Profesional Supervisado. Guatemala, Guatemala. Facultad de Ciencias Económicas. USAC. 230 P.

Sistema de Información Forestal de Guatemala SIFGUA. (2016a) Manejo Forestal 2010-2016. (En línea). Consultado el 24 de Agos. 2016. Disponible en: <http://www.sifgua.org.gt/ManejoInabAntes.aspx>, <http://www.sifgua.org.gt/ManejoDiez.aspx>

Sistema de Información Forestal de Guatemala SIFGUA. (2016b) Comercio Interno de productos forestales, Reporte de movimientos especie *Ceiba aesculifolia*. (En línea). Consultado el 23 de Agos. 2016. Disponible en: <http://www.sifgua.org.gt/ComercioInterno.aspx>

Standley, P. y Steyemark, J. (1976). Bombacaceae. Flora of Guatemala. Parte VI. Fieldiana Botany, vol 24: 386-403 p. (En línea) Consultado el 18 de Agos. de 2016. Disponible en:

<http://www.biodiversitylibrary.org/page/2456851#page/406/mode/1up>

Vázquez, Y.; Muñoz, C.; Silva, M.; Díaz, M. y Dirso, C. (1998). Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Instituto de Ecología-UNAM. ProyectoJ-084-CONABIO. 89 p.

Vita, A. (1996). Los tratamientos silviculturales. The floral nectaries of Malvaceae sensu lato-a conspectus. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 149 p.

Cuadro 65. Costos de producción total para los ocho tratamientos evaluados en invernadero, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, 2017.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Q)	SUB TOTAL (Q)
1. Mano de obra				
Limpia del terreno 5 * 4 metros	Jornal	0.1	60	6
Colocación parales y reglas (Armadura de invernadero)	Jornal	2	60	120
Colocación de nylon de invernadero	Jornal	2	60	120
Elaboración de camas germinadoras	Jornal	1	60	60
Instalación sistema de riego	Jornal	0.5	60	30
Preparación de sustrato, desinfección y llenado de cajas	Jornal	0.5	60	30
Corte de tocones para rebrotes epicórmicos	Jornal	0.5	60	30
Corte, transporte y desinfección de estacas epicórmicas	Jornal	1	60	60
Corte, transporte y desinfección de estacas adventicias	Jornal	1	60	60
Preparación de las concentraciones, aplicación y siembra	Jornal	2	60	120
Total Rubro				636
2. Insumos				
Ácido indolbutírico	Gramo	3.06	7.5	22.95
Nebulizadores	Unidad	4	35	140
Kilol (Fungicida/Bactericida)	MI	40	0.175	7
Tierra negra	Saco	4.8	25	120
Arena Pómez	Saco	3.2	20	64
Manguera de poliducto	Metro	6	5	30
Cajas	Unidad	8	18	144
Total Rubro				527.95
3. Materiales				
Parales	Unidad	8	16	128
Reglas	Unidad	22	8	176
Nylon especial para invernadero	Metro cuadrado	90	4.62	415.8
Polines para camas germinadoras	Unidad	8	5	40
Listones para camas germinadoras	Unidad	6	3	18
Clavos	Libra	3	4	12
Total Rubro				789.8
Gran Total				1,953.75



Figura 13. Preparación de tocones para emisión de rebrotes epicórmicos



Figura 14. Rebrotos epicórmicos listos.



Figura 15. Elaboración del invernadero



Figura 16. Camas germinadoras



Figura 17. Vista interior del invernadero.



Figura 18. Vista exterior del invernadero.



Figura 19. Nebulizador para riego.



Figura 20. Preparación de la mezcla.



Figura 21. Plantación de ceiba de donde se realizó la extracción de rebrotes adventicios.



Figura 22. Cajas litas con mezcla para la siembra de las estacas.



Figura 23. Balanza analítica utilizada para peso de las concentraciones de IBA.



Figura 24. Estacas sembradas.



Figura 25. Identificación de tratamientos y repeticiones.



Figura 26. Emisión de primeros rebrotes.



Figura 27. Proceso de emisión de rebrotes.



Figura 28. Proceso de emisión de rebrotes.



Figura 29. Proceso de emisión de rebrotes.



Figura 30. Proceso de emisión de rebrotes.



Figura 31. Estacas brotadas.



Figura 32. Resultados estacas epicórmicas enraizadas.



Figura 33. Resultados estacas epicórmicas enraizadas.



Figura 34. Resultados estacas epicórmicas enraizadas.



Figura 35. Resultados estacas epicórmicas enraizadas.



Figura 36. Estaca epicórmica enraizada.



Figura 37. Estaca epicórmica enraizada.



Figura 38. Estacas epicórmicas enraizadas.



Figura 39. Resultados estacas adventicias enraizadas.



Figura 40. Corte de raíces para ser pesadas.



Figura 41. Peso de raíces.



Figura 42. Peso de raíces.