

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**



**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA,  
MINAS, VETERINARIA Y ECOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DEL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE ALISO  
(*Alnus jorullensis* Var) SOMETIDAS A UN PROCESO DE  
ENFRIAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE CAMAS FRÍAS Y  
CALIENTES**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR: DANIEL ALEJANDRO CÁCERES CALDERÓN**

**DIRECTORA: ING. MIRIAM REIBÁN LEÓN. M.Sc**

**2014**

## DECLARACIÓN

Yo, Daniel Alejandro Cáceres Calderón, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

---

Daniel Alejandro Cáceres Calderón

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Daniel Alejandro Cáceres Calderón, bajo mi supervisión.

---

Ing. Miriam Reibán León MSc  
**DIRECTORA**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profunda gratitud principalmente a Dios, por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Y a mi madre Doraliza Calderón por ser la única persona que ha estado a mi lado en las buenas y en las malas, la única persona que siempre creyó en mí.

Por eso y por todo lo que has hecho por mí, ésta tesis te la dedico a ti madre.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN .....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	iv
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE CUADROS .....	ix
LISTA DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	3
2.1. GENERALIDADES.....	3
2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL ALISO .....	3
2.3. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA.....	3
2.3.1. RAÍZ .....	4
2.3.2. TALLO .....	4
2.3.3. CORTEZA.....	4
2.3.4. HOJAS.....	4
2.3.5. FLORES .....	4
2.3.6. FRUTOS.....	5
2.3.7. SEMILLAS .....	5
2.4. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	5
2.5. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS .....	6
2.6. SUELOS.....	6
2.7. TIPOS DE ALISO .....	7
2.7.1 ALISO BLANCO .....	7
2.7.2 ALISO ROJO .....	7
2.8. CARACTERÍSTICAS DEL ALISO .....	8
2.8.1 TOLERANCIA CONTRA HELADAS Y SEQUÍAS.....	8
2.8.2 RESISTENCIA AL RAMONEO.....	8
2.9. PROPAGACIÓN.....	8

2.9.1.	PROPAGACIÓN POR SEMILLA .....	8
2.9.2.	PROPAGACIÓN POR ESTACAS.....	9
2.9.2.1	Ventajas .....	9
2.10.	ÉPOCA Y TÉCNICAS DE PLANTACIÓN .....	9
2.10.1	TIPOS DE PLANTACIÓN .....	10
2.10.2	TAMAÑO DE PLANTA PARA EL TRANSPLANTE .....	10
2.10.3	DENSIDAD Y ESPACIAMIENTO .....	10
2.10.4	PROTECCIÓN.....	11
2.10.5	MANEJO DE PLÁNTULAS A NIVEL DE VIVERO.....	11
2.10.5.1	Plantación .....	11
2.10.5.2	Riego.....	11
2.10.5.3	Fertilización y manejo.....	11
2.11.	PROBLEMAS Y CONTROLES FITOSANITARIOS .....	12
2.11.1	ENFERMEDADES.....	12
2.11.1.1	Roya del jaúl ( <i>Melampsorium alni</i> ) .....	12
2.11.1.2	Cancro ( <i>Botryosphaeria dothidea</i> ) .....	13
2.11.2	PLAGAS .....	13
2.11.2.1	<i>Macroductylus sp</i> .....	13
2.11.2.2	<i>Phassus triangularis</i> .....	14
2.11.3	CONTROLES .....	15
2.11.3.1	Plaguicida.....	15
2.11.3.1.1	Bala 55.....	15
2.11.3.2	Fungicidas y bactericidas .....	16
2.11.3.2.1	Kocide 2000 .....	16
2.11.3.2.2	Caldo bordelés 80% pm.....	16
2.12.	USOS.....	17
2.13.	FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR LA CAPACIDAD DEL ENRAIZAMIENTO.....	18
2.13.1	TEMPERATURA AMBIENTAL .....	18
2.13.2	LUZ.....	18
2.14.	ESTRUCTURAS PARA LA PROPAGACIÓN .....	18
2.14.1	INVERNADERO .....	18
2.14.2	CAMAS DE PROPAGACIÓN .....	19
2.14.2.1	Camas calientes.....	19

2.14.2.2	Camas frías.....	19
2.15.	TERMOCALENTADOR.....	19
2.15.1	DESCRIPCIÓN.....	19
2.15.2	ESPECIFICACIONES.....	20
2.16.	PROCESO DE ENFRIAMIENTO.....	20
2.17.	FITOHORMONAS Y SUS FUNCIONES.....	20
2.17.1	AUXINAS.....	21
2.17.2	CITOQUININAS.....	21
2.17.3	GIBERELINAS.....	21
2.17.4	ÁCIDO INDOLBUTÍRICO (AIB).....	21
2.18.	SUSTRATO.....	22
2.18.1	TIPOS DE SUSTRATOS.....	22
2.18.1.1	Sustratos químicamente inertes.....	22
2.18.1.2	Sustratos químicamente activos.....	23
2.18.2	CARACTERÍSTICAS DE UN SUSTRATO ADECUADO.....	23
2.18.3	ASERRÍN.....	24
2.18.4	ARENA.....	24
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1	UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	25
3.2	UNIDAD EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.....	25
3.3	MATERIALES.....	27
3.3.1	FÍSICOS.....	27
3.3.2	QUÍMICOS.....	27
3.3.3	BIOLÓGICOS.....	27
3.4	DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS.....	28
3.4.1.	CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO.....	28
3.4.2.	CONTRUCCIÓN DE LAS CAMAS DE ENRAIZAMIENTO.....	28
3.4.3.	PREPARACIÓN DEL SUSTRATO.....	28
3.4.4.	DESINFECCIÓN DEL SUSTRATO.....	28
3.4.5.	OBTENCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL.....	29
3.4.6.	DESINFECCIÓN DE LAS ESTACAS.....	29
3.4.7.	PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DE LA HORMONA (AIB).....	29
3.4.8.	CALENTAMIENTO DEL SUSTRATO Y PRE ENFRIADO DE ESTACAS.....	30

3.4.8.1	Calentamiento del sustrato.....	30
3.4.8.2	Pre enfriado de estacas.....	30
3.4.9.	PLANTACIÓN DE LAS ESTACAS .....	30
3.4.10.	RIEGOS.....	30
3.4.11.	DESHIERBA.....	31
3.4.12.	CONTROL FITOSANITARIO.....	31
3.5	TOMA DE DATOS DE LAS VARIABLES .....	31
3.5.1	NÚMERO DE ESTACAS CON BROTES.....	31
3.5.2	LARGO Y ANCHO DE HOJAS.....	32
3.5.3	NÚMERO DE ESTACAS CON CALLOS .....	32
3.5.4	NÚMERO DE ESTACAS CON RAÍCES.....	32
3.5.5	NÚMERO DE RAÍCES POR ESTACA .....	32
3.5.6	LONGITUD DE RAÍCES.....	32
3.5.7	NÚMERO DE ESTACAS TURGENTES Y CON COLORACIÓN VERDE .....	33
4.	RESULTADOS .....	34
4.1	NÚMERO DE ESTACAS CON BROTES .....	34
4.2	DATOS DEL LARGO Y ANCHO DE HOJAS .....	41
4.3	NÚMERO DE ESTACAS CON FORMACIÓN DE CALLOS A LOS 90 DÍAS .....	46
4.4	NÚMERO DE ESTACAS CON RAÍCES A LOS 90 DÍAS.....	47
4.5	NÚMERO DE RAÍCES POR ESTACA A LOS 90 DÍAS .....	48
4.6	LONGITUD DE LAS RAÍCES A LOS 90 DÍAS .....	50
4.7	NÚMERO DE ESTACAS TURGENTES Y CON COLORACIÓN VERDE .....	51
5.	DISCUSIÓN.....	61
6.	CONCLUSIONES .....	66
7.	RECOMENDACIONES.....	67
	BIBLIOGRAFÍA .....	68
	ANEXOS .....	73

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Síntoma causado por roya del jaúl ( <i>Melampsorium alni</i> ) .....	12
Fig. 2. Cancro producido por <i>Botryosphaeria dothidea</i> .....	13
Fig. 3. <i>Macrodactylus</i> sp.....	14
Fig. 4. <i>Phassus triangularis</i> en Aliso .....	14
Fig. 5. Termocalentador. ....	20
Fig. 6. Esquema del invernadero y distribución de los tratamientos.....	26
Fig. 7. Resultados del monitoreo quincenal del número de estacas turgentes y con coloración verde durante el ensayo.....	60
Fig. 8. Correlación entre turgencia y número de estacas con brotes. ....	61
Fig. 9. Correlación entre turgencia y número de estacas con callos. ....	62
Fig. 10. Correlación entre turgencia y número de estacas con raíces.....	63
Fig. 11. Correlación entre número de estacas con callos y raíces a los 90 días. .....	64

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del Aliso.....	3
Cuadro 2. Ubicación Geográfica. ....	25
Cuadro 3. Distribución de los tratamientos.....	26
Cuadro 4. Número de estacas con brotes a los 15 días de su plantación.....	34
Cuadro 5. Análisis de varianza de estacas con brotes a los 15 días.....	35
Cuadro 6. Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para estacas con brotes a los 15 días. ....	35
Cuadro 7. Número de estacas con brotes a los 30 días de su plantación.....	36
Cuadro 8. Análisis de varianza de estacas con brotes a los 30 días.....	36
Cuadro 9. Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para estacas con brotes a los 30 días. ....	37
Cuadro 10. Número de estacas con brotes a los 45 días de su plantación.....	37
Cuadro 11. Análisis de varianza de estacas con brotes a los 45 días.....	38
Cuadro 12. Número de estacas con brotes a los 60 días de su plantación.....	38
Cuadro 13. Análisis de varianza de estacas con brotes a los 60 días.....	39
Cuadro 14. Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para estacas con brotes a los 60 días. ....	39
Cuadro 15. Número de estacas con brotes a los 75 días de su plantación (datos transformados a $\sqrt{x+0.5}$ ). ....	40
Cuadro 16. Análisis de varianza de estacas con brotes a los 75 días.....	40
Cuadro 17. Largo de hojas a los 45 días de su plantación (cm).....	41
Cuadro 18. Análisis de varianza de largo de hojas a los 45 días. ....	41
Cuadro 19. Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para largo de hojas a los 45 días.....	42
Cuadro 20. Largo de hojas a los 60 días de su plantación (cm).....	42
Cuadro 21. Análisis de varianza de largo de hojas a los 60 días. ....	43
Cuadro 22. Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para largo de hojas a los 60 días.....	43
Cuadro 23. Ancho de hojas a los 45 días de su plantación (cm).....	44
Cuadro 24. Análisis de varianza de ancho de hojas a los 45 días. ....	44
Cuadro 25. Ancho de hoja a los 60 días de su plantación (cm). ....	45
Cuadro 26. Análisis de varianza para el ancho de hojas a los 60 días. ....	45
Cuadro 27. Número de estacas con formación de callo a los 90 días de su plantación (datos transformados a $\sqrt{x+0.5}$ ). ....	46
Cuadro 28. Análisis de varianza del número estacas con formación de callo a los 90 días. ....	46
Cuadro 29. Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para el número de estacas con formación de callo a los 90 días.....	47
Cuadro 30. Número de estacas con raíces a los 90 días de su plantación. ....	47
Cuadro 31. Análisis de varianza del número de estacas con raíces a los 90 días.....	48

Cuadro 32. Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para el número de estacas con raíces a los 90 días. ....	48
Cuadro 33. Número de raíces por estaca a los 90 días de su plantación. ....	49
Cuadro 34. Análisis de varianza del número de raíces por estaca a los 90 días. ....	49
Cuadro 35. Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para el número de raíces a los 90 días. ....	50
Cuadro 36. Longitud de raíces los 90 días de su plantación (cm). ....	50
Cuadro 37. Análisis de varianza en longitud de raíces a los 90 días. ....	51
Cuadro 38. Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para la longitud de raíces a los 90 días. ....	51
Cuadro 39. Número de estacas turgentes y con coloración verde a los 15 días después de su plantación. ....	52
Cuadro 40. Análisis de varianza de estacas turgentes y con coloración verde a los 15 días. ....	52
Cuadro 41. Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para número de estacas turgentes y con coloración verde a los 15 días. ....	53
Cuadro 42. Número de estacas turgentes y con coloración verde a los 30 días después de su plantación. ....	53
Cuadro 43. Análisis de varianza de estacas turgentes y con coloración verde a los 30 días. ....	54
Cuadro 44. Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para número de estacas turgentes y con coloración verde a los 30 días. ....	54
Cuadro 45. Número de estacas turgentes y con coloración verde a los 45 días después de su plantación. ....	55
Cuadro 46. Análisis de varianza de estacas turgente y con coloración verde a los 45 días. ....	55
Cuadro 47. Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para número de estacas turgentes y con coloración verde a los 45 días. ....	56
Cuadro 48. Número de estacas turgentes y con coloración verde a los 60 días después de su plantación. ....	56
Cuadro 49. Análisis de varianza de estacas turgentes y con coloración verde a los 60 días. ....	57
Cuadro 50. Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para número de estacas turgentes y con coloración verde a los 60 días. ....	57
Cuadro 51. Número de estacas turgentes y con coloración verde a los 75 días después de su plantación (datos transformados a la $\sqrt{x+0,5}$ ). ....	58
Cuadro 52. Análisis de varianza de estacas turgentes y con coloración verde a los 75 días. ....	58
Cuadro 53. Número de estacas turgentes y con coloración verde a los 90 días después de su plantación (datos transformados a la $\sqrt{x+0,5}$ ). ....	59
Cuadro 54. Análisis de varianza de estacas turgentes y con coloración verde a los 90 días. ....	59

Cuadro 55. Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para número de estacas turgentes y con coloración verde a los 90 días. ....	60
Cuadro 56. Correlación entre turgencia y número de estacas con brotes.....	61
Cuadro 57. Correlación entre turgencia y número de estacas con callos.....	62
Cuadro 58. Correlación entre turgencia y número de estacas con raíces.....	63
Cuadro 59. Correlación entre número de estacas con callos y raíces a los 90 días.....	64

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO A. Registro fotográfico.....</b>	<b>73</b>
Fotografía 1. Instalación de los termocalentadores.....	73
Fotografía 2. Desinfección del sustrato.....	73
Fotografía 3. Selección de árboles.....	74
Fotografía 4. Preparación de las estacas.....	74
Fotografía 5. Preparación del caldo bordelés.....	75
Fotografía 6. Desinfección de las estacas.....	75
Fotografía 7. Preparación de la mezcla de la hormona.....	76
Fotografía 8. Aplicación de la hormona a las estacas.....	76
Fotografía 9. Pre enfriamiento de las estacas.....	77
Fotografía 10. Plantación de las estacas en las camas de propagación.....	77
Fotografía 11. Plantación completa de todos los tratamientos en las camas de propagación.....	78
Fotografía 12. Estacas con brotes y hojas.....	78
Fotografía 13. Estacas con callos.....	79
Fotografía 14. Estacas con raíces de cada tratamiento.....	79

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo general: Evaluar la emisión de raíces en estacas de Aliso (*Alnus jorullensis* Var) sometidas a un proceso de enfriamiento y la utilización de camas calientes y frías, los objetivos específicos fueron: 1) Determinar el efecto de la temperatura en las estacas de Aliso para la emisión de raíces, 2) Comparar la eficacia de la técnica de propagación de camas calientes frente a camas frías en la generación de raíces. El tipo de investigación utilizada fue la experimental y se empleó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo bifactorial con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (2 x 2 x 4), con un total de 16 unidades experimentales con 50 estacas por unidad experimental, aplicándose la prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística con el fin de identificar los mejores tratamientos. Durante el ensayo se analizó las variables: número de estacas con brotes, largo y ancho de hojas, número de estacas con formación de callo, número de estacas con raíces, número de raíces por estaca, longitud de raíces y número de estacas turgentes y con coloración verde. El tratamiento pre enfriado de las estacas a 1°C durante 14 días (T.E) registró diferencias estadísticas altamente significativas en cuanto a número de estacas con brotes, largo de hojas, número de estacas con raíces, número de raíces por estaca y longitud de raíces, en lo referente al tratamiento temperatura de camas, sustrato sometido a 25°C (T.C) obtuvo diferencias estadísticas significativas en número de estacas con raíces y número de raíces por estaca. La mortandad del 100% de las estacas a los 90 días, se debió posiblemente a una fitotoxicidad producida por resinas y taninos contenidos en el aserrín de pino utilizado como sustrato en el experimento.

Palabras claves: *Alnus jorullensis*, enfriamiento, plantación, enraizamiento.

## ABSTRACT

The research had as general objective: to assess the emission of roots in Alder cuttings (*Alnus jorullensis* Var) subjected to a process of cooling and the use of hot and cold beds, specific objectives were: 1) to determine the effect of temperature on Alder roots emission stakes, 2) compare the effectiveness of the technique of propagation of hot beds opposite cold beds in the generation of roots. The type of research used was the pilot and (DBCA) randomized complete block design was used on bivariate array with four treatments and four replications (2 x 2 x 4), with a total of 16 experimental units with 50 stakes per experimental unit, applying the Duncan test 5% statistical probability in order to identify the best treatments. During the trial was analyzed the variables: number of stakes plump, green, number of stakes with buds, long and width of sheets, number of stakes with callus formation, number of cuttings with roots, number of roots per stake and length of roots. Treatment temperature of stakes at 1°C for 14 days (T.E) recorded statistical differences highly significant in terms of number of stakes with outbreaks, length of sheets, number of cuttings with roots, number of roots per stake and length of roots, in relation to the treatment temperature of beds, substrate subjected to 25°C (T.C) obtained statistical differences significant number of cuttings with roots and number of roots per stake. The mortality of 100% of the stakes to the 90 days, was possibly due to a phytotoxicity caused by resins and tannins contained in the sawdust of pine used as substrate in the experiment.

Key words: *Alnus jorullensis*, cooling, planting, rooting.

# 1. INTRODUCCIÓN

El Aliso es un árbol que se encuentra disperso en el Ecuador, distribuido en la Sierra desde el Carchi hasta Loja y en las colinas de las cordilleras Oriental y Occidental, esta especie, mejora el suelo al fijar nitrógeno del aire, aporta materia orgánica por descomposición de sus hojas caídas, contribuye al establecimiento de cercas vivas protegiendo a cultivos de vientos fuertes, heladas y sol excesivo, resguarda canales de riego y cuencas hidrográficas, es una excelente opción en plantaciones silvopastoriles (1).

En los últimos años se han realizado diversos trabajos orientados a encontrar métodos y técnicas que permitan propagar especies forestales por medios vegetativos. La propagación por medio de estacas constituye una técnica importante de apoyo para la producción de plantas (2), sin la utilización de semilla (3), junto con este método se plantea experimentar la incidencia que tiene el almacenamiento de las estacas a baja temperatura y el uso de camas calientes y frías en promover la emisión de raíces, incrementar el número y la calidad de las mismas, aumentar la uniformidad del enraizamiento y reducir el tiempo requerido para el proceso.

Las camas calientes de propagación, es decir, la temperatura adicionada al sustrato puede mejorar el enraizamiento, la misma proporcionada en altos niveles a la base de las estacas produce un aumento localizado de la respiración, lo que aparentemente origina una síntesis de carbohidratos, estimulando una vigorosa formación de protoplasma creando mayor división celular en el área radicular. Con un rango adecuado de temperatura, que varía entre los 15 a 26°C, no sólo se logra mayor rapidez en la emisión de raíces, sino también se obtiene mayor cantidad (4).

Por otro lado, las bajas temperaturas rompen la dormancia de las estacas influyendo de forma directa y positiva en el prendimiento, demostrando que el frío remueve los inhibidores obteniéndose como resultado la formación de raíces (5).

La investigación plantea como objetivo general: Evaluar la emisión de raíces en estacas de Aliso sometidas a un proceso de enfriamiento y la utilización de camas calientes y frías, como objetivos específicos: 1) Determinar el efecto de la temperatura en las estacas de Aliso para la emisión de raíces. 2) Comparar la eficacia de la técnica de propagación de camas calientes frente a camas frías en la generación de raíces y como

hipótesis: “uno de los tratamientos inducirá el enraizamiento de las estacas de Aliso”.

El estudio comprende siete capítulos, el primero hace referencia a la importancia de la investigación, el segundo presenta el marco teórico detallando información sobre: El cultivo del Aliso, propagación vegetativa, problemas fitosanitarios, usos del Aliso y sustratos, el tercero contiene los materiales y métodos manejados en el ensayo, precisándose el método experimental, el cuarto capítulo muestra los resultados obtenidos de las variables estudiadas, el quinto detalla la discusión con la finalidad de evaluar la influencia de las variables en estudio con los objetivos planteados, el sexto describe las conclusiones en función de los objetivos; y el séptimo propone las recomendaciones con la finalidad de aportar nuevos conocimientos para la propagación de Aliso por la importancia de esta especie en el campo forestal y silvopastoril.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. GENERALIDADES

El Aliso, es originario de Centro y Sudamérica. Se adapta en lugares con pendientes mayores al 5% con buen drenaje y presencia de nubosidad, también se le encuentra en riveras de ríos y quebradas. Requiere precipitaciones de 1000 a 3000 mm anuales; el rango de temperatura para su desarrollo fluctúa entre los 4 y 27°C, ayuda al establecimiento de otras especies gracias a su capacidad de fijar el nitrógeno al suelo por el proceso simbiótico que presenta en la raíz con el hongo del género *Frankia spp* (6).

### 2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL ALISO

El cuadro 1 presenta la clasificación taxonómica:

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica del Aliso.

Reino	Vegetal
División	<i>Spermatophyta</i>
Subdivisión	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Dicotyledoneae</i>
Orden	<i>Fagales</i>
Subclase	<i>Archichlamydeae.</i>
Familia	<i>Betuleceae</i>
Género	<i>Alnus</i>
Especie	<i>lorullensis</i>

Fuente: (7).

### 2.3. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA

El Aliso es un árbol perennifolio de 10 a 25 m de altura, 25 a 30 cm de diámetro a la altura del pecho. Tiene una copa estrecha con una coloración verde intenso, ramificación conformada por un eje principal, que crece por desarrollo de una sucesión de yemas terminales y ramas secundarias laterales, presenta un rápido crecimiento en altura durante los primeros años en zonas húmedas, su fuste es recto y cilíndrico y a veces multicaule (8).

### **2.3.1. RAÍZ**

Su sistema radicular es amplio y se desarrolla cerca de la superficie del suelo; la mayoría de sus raíces son leñosas y su longitud supera en algunas ocasiones la altura total del árbol. En suelos arenosos y de origen aluvial tiene una tendencia a desarrollar raíces pivotantes (9).

Las raíces del Aliso, tienen nudosidades similares a las que se observa en las leguminosas, están formadas por un hongo del género *Frankia spp* (10), fijadora del nitrógeno atmosférico que vive en simbiosis con este árbol, lo que ayuda a mejorar la fertilidad de los suelos en donde crece (8).

### **2.3.2. TALLO**

Cuando la planta es joven el tallo es pubescente, su parte terminal posee forma triangular y de color azulado, las ramas están ubicadas alternadamente y las ramillas se presentan angulosas y con una coloración rojiza (1).

### **2.3.3. CORTEZA**

Posee una corteza lisa de color gris claro, cuando la planta está en su estado juvenil tiene una coloración plateada, mientras en la fase adulta se torna de color pardo y se agrieta en una serie de escamas delgadas y verticales (9).

### **2.3.4. HOJAS**

Son elípticas, se sitúan en las ramas de forma helicoidal y presentan una coloración verde intenso en el lado superior, con una tonalidad más clara en el inferior. Consta de un limbo peciolado y aovado hasta 0,2 m de largo, con pecíolos de 0,02 m. Su borde es ligeramente dentado y posee una nervadura áspera (8).

### **2.3.5. FLORES**

Son monoicas, poseen inflorescencias alargadas, siendo el cáliz difícil de diferenciar y la corola presenta un color amarillo. Las flores masculinas están

en amentos alargados y las femeninas poseen brácteas en forma de cono parecidas a las coníferas (1) (8).

Las inflorescencias masculinas se presentan en amentos y generalmente en agrupaciones de tres (6) y cada una contiene un cáliz, el mismo que es membranoso e imbricado (11), las brácteas se manifiestan en algunas ocasiones persistentes y se encuentran protegidas de una cima triflora y respaldadas por un pedúnculo con cuatro bractéolas (1).

Usualmente las inflorescencias masculinas están situadas al final de las ramas en amentos de hasta de 14 cm de longitud con un color verde amarillento y forma cilíndrica. Estas crecen antes que broten las hojas y en la mayor parte de casos caen posteriormente a la floración (11) (1).

Las inflorescencias femeninas tienen forma de conos cortos erectos de 0,7 a 2,5 cm de largo y de 0,5 a 1,2 cm de diámetro, el ovario mide 3 mm de longitud aproximadamente, se presenta desnudo-aplanado con dos celdas biloculares (1).

#### **2.3.6. FRUTOS**

Tienen la forma de conos o piñas pequeñas, con semillas aladas que son fácilmente dispersadas por el viento. Estas se encuentran durante todo el año aunque en algunos lugares son más frecuentes de enero a junio. Para obtener semilla se recomienda colectarlas cuando están de color amarillo oscuro antes de que se deshidraten en el árbol (11).

#### **2.3.7. SEMILLAS**

Son elípticas, de color marrón claro brillante, de 0,65 a 1,34 mm de largo, el peso de la semilla varía con la latitud de la zona de procedencia, conteniendo entre 1'400.000 y 4'400.000 semillas viables por kilogramo (12).

### **2.4. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA**

El Aliso se encuentra distribuido altitudinalmente entre los 1200 a 3200 m.s.n.m, tiene un crecimiento óptimo tanto en diámetro como en altura en climas templados y templado-frío. A menudo forma rodales puros en sitios derrumbados, sobre deslaves, al igual que en taludes de caminos recién abiertos (13).

“Esta especie requiere humedad cuando se encuentra en su desarrollo inicial, por ser una plántula pequeña (0,05-0,07 m de altura) es susceptible a la sequía, la reproducción natural de esta variedad ordinariamente sólo se encuentra en lugares húmedos junto a quebradas y riachuelos” (8), “forma rodales puros sobre deslaves, taludes de carretera y áreas disturbadas” (1).

Sin embargo, “ya establecido el Aliso resiste cierto grado de sequía, por sus fustes múltiples que producen grandes cantidades de biomasa, sirviendo en la recuperación de suelos erosionados. En tales casos es impresionante ver la cantidad de humus que se forma con relativa rapidez en las zonas de influjo de Aliso” (8), “a su vez provee alimento y hábitat a la fauna silvestre” (1).

## **2.5. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS**

Según el INEFAN (1992) mencionado por (1), el Aliso se desarrolla en las siguientes formaciones ecológicas:

- Bosque húmedo Pre Montano (bhPM).
- Bosque húmedo Montano Bajo (bhMB).
- Bosque muy húmedo Montano Bajo (bmhMB); desde las cordilleras Oriental y Occidental del Ecuador en donde existe condensación frecuente de neblina.
- Estepa Montano (eM).
- Bosque seco Montano Bajo (bsMB).
- Bosque muy húmedo Montano (bmhM).

## **2.6. SUELOS**

La especie no es rigurosa en cuanto a calidad de suelos, pero si requiere de una buena humedad. El árbol crece en un buen rango de texturas (desde arcillosa a arenosa); habitualmente el género *Alnus* se encuentra en suelos ácidos con pH 5.5 a 6 (1).

## **2.7. TIPOS DE ALISO**

En los Andes se distinguen dos clases de alisos, reconocidos por los aldeanos como: Aliso blanco y rojo, especies que presentan características de crecimiento distintas (14).

### **2.7.1. ALISO BLANCO**

- Tamaño de árbol de 10 a 30 m (15).
- Fuste recto.
- Ramificación delgada que forma una copa abierta.
- El fuste, las ramas y los rebrotes tiene numerosas raíces preformadas en forma de yemas hinchadas o pequeños nudos en la corteza.
- Rebrotan con facilidad (8).

### **2.7.2. ALISO ROJO**

- El tamaño del árbol es más pequeño que el Aliso blanco con una altura de 20 m (16).
- Copa más densa.
- Su fuste, ramas y rebrotes no poseen raíces preformadas.
- Aparte de los aspectos ya mencionados la diferenciación más notoria entre el Aliso blanco y el rojo es el color de la madera, el Aliso rojo posee un color de madera ligeramente rosada, cuando se corta el árbol se observa en la herida una coloración rosada o rojiza, lo que diferencia al Aliso blanco ya que su madera al ser cortada es más clara (8).

## **2.8. CARACTERÍSTICAS DEL ALISO**

### **2.8.1. TOLERANCIA CONTRA HELADAS Y SEQUÍAS.**

Se ha observado que el Aliso blanco tiene buena tolerancia a las heladas y sequías, rebrota con facilidad (8), la planta se repone siempre que estas no sean continuas e intensas (14).

La característica del síntoma causado por las heladas se observa en las hojas, éstas presentan una coloración café (quemada), afectan tanto al área foliar como a partes jóvenes del tallo y ramas. Cuando la planta se regenera de estos daños las hojas nuevas son pequeñas y más coriáceas en los primeros meses de reposición (14).

### **2.8.2. RESISTENCIA AL RAMONEO**

El Aliso no es resistente al ramoneo, especialmente cuando la planta es pequeña.

El disturbio del ramoneo retarda el crecimiento de la plántula, se acumula biomasa foliar leñosa, acorde a la frecuencia e intensidad del mismo (14).

## **2.9. PROPAGACIÓN**

Existen diferentes formas de reproducción del Aliso, que se mencionan a continuación:

### **2.9.1. PROPAGACIÓN POR SEMILLA**

La propagación por semilla se realiza en almácigos, su periodo de germinación se encuentra entre 5 y 12 días, un factor muy importante es su viabilidad por lo que se recomienda almacenarla una vez recolectada (6). Por otra parte, si la semilla se almacena a temperatura ambiente por un mes perderá hasta un 85% de su capacidad de germinación (12).

## **2.9.2. PROPAGACIÓN POR ESTACAS**

La propagación a partir de estacas se realiza cortando una parte del tallo que presente de tres a cinco yemas, su longitud varía entre 20 a 40 cm, se coloca en condiciones ambientales favorables y se las induce a formar raíces, produciendo una nueva planta, que será idéntica a la planta madre (8).

En la visita realizada al vivero en el cantón Paute, su propietario manifiesta que para la propagación de aliso, utiliza una mezcla de tierra negra y cascarilla de arroz, además de fertilizante químico, evidenciando un buen enraizamiento de las estacas en hasta un 90 % (17).

### **2.9.2.1. Ventajas**

La propagación por medio de estacas presentan las siguientes ventajas:

- Conservan las características de los progenitores.
- Obtienen mayor crecimiento en poco tiempo.
- El manejo a nivel de vivero es más sencillo.
- El coste de producción es menor.
- Se evita el riesgo de raíces mal formadas por un deficiente repique (11).

## **2.10. ÉPOCA Y TÉCNICAS DE PLANTACIÓN**

Por su requerimiento de humedad, es indispensable realizar la plantación en épocas de lluvia o días que presenten lluvias intermitentes, pues, la alta humedad ambiental reduce el shock de trasplante. Estas condiciones son aún más necesarias cuando se trabajan con plantas a raíz desnuda sobretodo en terrenos semisecos o poco profundos, siendo necesario para este tipo de suelos efectuar labores culturales para aumentar la retención del agua (14).

### **2.10.1. TIPOS DE PLANTACIÓN**

Las estacas pueden ser plantadas en posición vertical, oblicua u horizontal. Cuantiosos ensayos han valorado las ventajas y desventajas de cada posición de los esquejes para la plantación. El número de retoños producidos por estaca es mayor cuando se plantan en forma horizontal, debido a que el efecto de supresión de brotes es menor, pues si están verticales el crecimiento de los brotes en la parte superior suprime el desarrollo de las otras yemas (18).

Por otra parte, las estacas plantadas en forma vertical evitan que se curven los brotes, que constituyen zonas débiles frente al viento, además, al realizar una plantación inclinada con respecto al eje central, demandan la realización de hoyos más grandes (19).

Así también la variedad, los factores edáficos y climáticos influyen en alto grado en la posición de siembra; es necesario experimentar en diferentes zonas ecológicas para determinar la posición más apropiada (18).

### **2.10.2. TAMAÑO DE PLANTA PARA EL TRANSPLANTE**

El tamaño adecuado de las plantas depende de las condiciones ambientales de la zona, en términos generales oscila entre 25 y 30 cm de altura, deben estar lignificadas antes de salir del vivero para asegurar el prendimiento y sobrevivencia en el lugar definitivo (14).

### **2.10.3. DENSIDAD Y ESPACIAMIENTO**

Los espaciamientos están en relación con el propósito y objetivo de la plantación, sean estos con fines comerciales como: madera para la construcción o de cultivos agroforestales y silvopastoriles.

Las densidades y espaciamientos están influenciados de igual forma por las condiciones del suelo a mayor profundidad y humedad, la distancia entre árboles deberá ser mayor o viceversa (14).

La densidad inicial de siembra con miras a la producción de madera es de 1.111 árboles por hectárea (3 x 3 m) en cuadro; algunos autores recomiendan sembrar 650 árboles por hectárea, debido a que el Aliso por tener un rápido crecimiento ocupa el terreno en poco tiempo (12).

#### **2.10.4. PROTECCIÓN**

Es necesario proteger las plantas en los primeros meses de la plantación, principalmente de los daños que causan los animales y el viento (ramoneo o pisoteo) que son causas de mortalidad temprana del árbol (20), lesiones que ocasionan las labores agrícolas cuando se trata de plantaciones en sistemas agroforestales y los procedentes de factores climáticos (heladas, granizadas y sequias) resguardando de estas adversidades se tiene una plantación exitosa (14).

#### **2.10.5. MANEJO DE PLÁNTULAS A NIVEL DE VIVERO**

##### **2.10.5.1. Plantación**

Esta especie desarrolla un sistema radical que alcanza unos 15 cm de largo durante los 3 a 4 meses que permanece en el vivero y una red de raíces secundarias abundantes (12).

Para la siembra, el tamaño de bolsa recomendado es de 16 cm de profundidad por 8 cm de diámetro (21), con fondo resistente y perforado, se utiliza también contenedores plásticos (cajones o cubetas) (12), la elección del envase depende de su capacidad, forma y material (22).

Una característica importante de los cajones es que favorecen la formación del sistema radical y direccionan las raíces hacia abajo, previniendo las malformaciones. En el caso que la permanencia en vivero sea mayor a cuatro meses es recomendable la utilización de un recipiente más grande que garantice un desarrollo acorde de la raíz (12).

##### **2.10.5.2. Riego**

Una vez colocadas las estacas en las fundas se procede a regar. La frecuencia de riego dependerá del factor climático de la zona, lo importante es que el sustrato permanezca húmedo pero no encharcado (8).

##### **2.10.5.3. Fertilización y manejo**

Cuando las plántulas hayan alcanzado 15 cm de altura puede aplicarse fertilizante granulado disuelto en agua para fortalecer las raíces. Lo más

recomendable es hacerlo con un producto rico en fósforo como (18-46-0) en proporción de 2,5 g/l, remojado 24 horas antes de su utilización. Este producto debe aplicarse con cuidado sobre el sustrato con bomba de espalda, evitando al máximo el contacto con las hojas (12).

Durante el tiempo que las plántulas permanezcan en las bolsas o en los contenedores, debe efectuarse un cuidadoso control manual de malezas, pues por su densidad de siembra y tamaño de planta la aplicación de herbicida representa alto riesgo (23).

En condiciones normales de desarrollo, es decir, entre los 45 y 120 días posteriormente al trasplante en las bolsas, es posible obtener plantas listas para llevar al campo y con una altura promedio de 20 a 25 cm (12).

## **2.11. PROBLEMAS Y CONTROLES FITOSANITARIOS**

### **2.11.1. ENFERMEDADES**

#### **2.11.1.1. Roya del jaúl (*Melampsorium alni*)**

Cuando el hongo *Melampsorium alni*, conocida como la “roya del jaúl” ataca a las plantas de Aliso, éstas presentan una serie de manchas esparcidas en el área foliar (20) con una coloración anaranjada a ligeramente amarillentas (24). Al inicio de la infestación aparecen en el envés de las hojas, consecutivamente pueden colapsar y formar áreas necróticas extensivas tornándose de un color pardo oscuro en ambos lados de la lámina foliar. Una vez que el hongo ha alcanzado su madurez ataca tanto a las hojas como ramillas jóvenes (figura 1) (25).



**Fig. 1.** Síntoma causado por roya del jaúl (*Melampsorium alni*)  
**Fuente:** (25)

### 2.11.1.2. Cancro (*Botryosphaeria dothidea*)

El hongo *Botryosphaeria dothidea* origina varios canchros en el fuste (figura 2). Los tejidos corticales infectados se necrosan, se tornan de una coloración negra y permanecen adheridos al xilema, habitualmente se produce una depresión prominente bajo las lesiones (26); estas alcanzan hasta 6 cm de longitud (25).

Usualmente las infecciones se inician por conidias que son trasladadas por la escorrentía y el goteo de la lluvia e ingresan a través de las lenticelas y heridas causadas por el granizo, el viento e insectos que puede presentar la planta (25) (27).



Fig. 2. Cancro producido por *Botryosphaeria dothidea*  
Fuente: (25)

## 2.11.2. PLAGAS

### 2.11.2.1. *Macrodactylus sp*

Los coleópteros del género *Macrodactylus sp* de color verde son defoliadores (11), se alimentan en forma muy esporádica del follaje y tejido tierno de los árboles de Aliso, dejando las nervaduras, razón por la cual son caracterizados como esqueletizadores, atacan a las plantas a cualquier edad (12) (25) (figura 3).



Fig. 3. *Macroductylus* sp

Fuente: (25)

### 2.11.2.2. *Phassus triangularis*

La larva de *Phassus triangularis* puede taladrar el fuste y construir galerías en el xilema de hasta 8 mm de diámetro (figura 4). Empieza cuando la hembra deposita un huevecillo en la corteza, al eclosionarla construcción del túnel se inicia con el barrenamiento, un pequeño agujero en la corteza del hospedero, la larva abre el túnel y cuando alcanza la médula cambia su dirección de barrenado hacia arriba o hacia abajo (25).



Fig. 4. *Phassus triangularis* en Aliso

Fuente: (25)

El tallo presenta un descortezamiento en torno a la entrada del túnel donde ha invadido esta plaga, los desechos de los tejidos barrenados, excrementos e hilos de seda producidos por la larva son depositados alrededor de la misma, perforan el tronco y tienden a buscar la raíz, se alimentan de la parte central del tallo y generalmente se encuentra una larva

en cada galería (28). En árboles jóvenes puede producirse anillamiento y muerte (25).

### **2.11.3. CONTROLES**

Cuando las plantas están pequeñas, es decir, a nivel de vivero se hacen controles fitosanitarios aplicando de forma preventiva fungicidas en una proporción de 4 g/l de agua, también se utiliza para prevenir la presencia de bacterias y enfermedades fungosas en el sustrato, empleando 5 cc/l de agua. En cuanto a controles de las diferentes plagas se usan insecticidas de contacto. No existen antecedentes específicos de control y manejo cuando la planta es adulta (12).

A continuación se describe la formulación, concentración y mecanismo de acción de algunos productos:

#### **2.11.3.1. Plaguicida**

##### **2.11.3.1.1. Bala 55**

Es un insecticida que se aplica en cultivos a campo abierto y bajo invernadero, para el control de una amplia gama de insectos chupadores, picadores, masticadores y sus larvas que atacan a los cultivos (29).

- Nombre común

Clorpirifos + Cipermetrina.

- Formulación y concentración

Concentrado emulsionable (CE) que contiene 500 gramos de Clorpirifos + 50 gramos de Cipermetrina por litro de producto comercial (29).

- Mecanismo de acción

Clorpirifos: Es un insecticida de amplio espectro efectivo por contacto, ingestión e inhalación que inhibe la colinesterasa. La acción tóxica de este insecticida reside básicamente por la fosforilación de la enzima acetil colinesterasa en las terminales nerviosas del insecto, también afecta la transmisión de impulsos nerviosos en el cerebro, ocasionando disturbios en las funciones sensoriales, motoras respiratorias y en el comportamiento (30).

Cipermetrina: Es un insecticida de amplio espectro con acción de contacto y estomacal, se activa en la base del ganglio del sistema nervioso central causando acción nerviosa repetitiva y produciendo la acumulación de acetilcolina; pertenece al grupo de piretroides (31); es neurotóxico con acción fulminante; paraliza el sistema nervioso del insecto actuando sobre el axón, influenciando el paso de los átomos de sodio y produciendo la muerte del insecto (30).

### **2.11.3.2. Fungicidas y bactericidas**

#### **2.11.3.2.1. Kocide 2000**

Es un fungicida bactericida cúprico de contacto y amplio espectro (32) de uso agrícola para el control de enfermedades causados por hongos y bacterias (33).

##### **– Composición**

Hidróxido de cobre	53,8%.
Material inerte	46,2%.

##### **– Modo de aplicación**

El uso del producto es más efectivo cuando se aplica como fungicida preventivo o al inicio de la infección (33).

#### **2.11.3.2.2. Caldo bordelés 80% pm**

Es un fungicida cúprico eficaz para la protección contra una amplia gama de enfermedades (34) fungosas y bacteriales, en frutales, hortalizas y otros cultivos como café y cacao (35).

- Nombre común

Sulfato de cobre + Lignosulfatos de sodio y calcio.

- Formulación y concentración

Polvo mojable (PM) que contiene 800 gramos de Sulfato de cobre y 70 gramos de Lignosulfato de sodio y calcio por kilogramo de producto comercial (35).

- Mecanismo de acción

Controla enfermedades originadas por hongos que se encuentran en la superficie de las hojas, tallos y frutos (36). Restringe la respiración de los hongos y la germinación de esporas (37). También impide el desarrollo del estado vegetativo de los hongos y destruye la pared celular (35).

## **2.12. USOS**

El Aliso tiene múltiples usos, provenientes de la madera, de la corteza, hojas y raíces.

- Artesanía: Se utiliza en la elaboración de vasos, platos, hormas de zapatos, muebles, reglas para escolares y dulzainas (14).
- Construcciones: Con aplicación de preservantes para su durabilidad y susceptibilidad al ataque de termitas (14), esta madera se utiliza en la fabricación de vigas para casas, soleras, ventanas, cajas, tableros y herramientas de labranza (cabos, yugos, arados) (12).
- Industria textil: En productos no maderables se cuanta con tintes (canela, marrón, amarillo, beige, verde) y curtidos, derivados de las hojas y la corteza (20).
- Usos medicinales: Es utilizado como antigripal, antiflogístico, antirreumático, desinfectante, vomitivo, madurativo y estimulante (11).

- Misceláneos: Es aprovechado como forraje, abono (materia orgánica), recuperación de suelos y en sistemas agroforestales (8).

## **2.13. FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR LA CAPACIDAD DEL ENRAIZAMIENTO**

### **2.13.1. TEMPERATURA AMBIENTAL**

La temperatura excesiva del aire estimula el proceso de formación de las yemas, antes que el desarrollo de raíces y al mismo tiempo aumenta la pérdida de agua, se considera que las temperaturas entre 21 y 27°C son recomendadas para lograr el enraizamiento en la mayoría de las especies forestales, algunas enraízan mejor a temperaturas bajas (38).

### **2.13.2. LUZ**

La irradiación, el fotoperiodo y la cantidad de luz, son necesidades que varían según la especie, deben ser considerados, por ser esenciales en la producción de hormonas o auxinas y en la fotosíntesis la cual garantiza la elaboración de carbohidratos para la sobrevivencia de las estacas y formación radicular, sin comprometer el vigor vegetativo de las mismas (38) (39).

## **2.14. ESTRUCTURAS PARA LA PROPAGACIÓN**

### **2.14.1. INVERNADERO**

Se define como invernadero a un espacio cerrado por una estructura de metal o madera, con una cubierta o techo de vidrio o plástico, en cuyo interior se desarrollan cultivos en condiciones controladas, evitando así adversidades climáticas y mejorando la producción a nivel cuantitativo y cualitativo (40).

## **2.14.2. CAMAS DE PROPAGACIÓN**

### **2.14.2.1. Camas calientes**

Son estructuras que varían en tamaño dependiendo de las necesidades y tipos de plantación, pueden construirse desde 0,5 x 0,5 m hasta 2 x 10 m (41). El calor es proporcionado artificialmente al medio de propagación controlado termostáticamente, usando agua caliente que pasa por tubos colocados debajo del medio, calderas, cables eléctricos (42), otras alternativas aunque más costosas son el uso de gas por medio de hornillas y electricidad a base de termocalentadores, manteniendo caliente al sustrato (4).

La aplicación de temperatura en la base de las estacas, es decir, en el sustrato, estimula el enraizamiento (43), se debe prestar mucha atención al sombreado y ventilación, así como al control de temperatura y humedad (44).

### **2.14.2.2. Camas frías**

La cama fría es una estructura parecida a la cama caliente, con la única diferencia que no cuenta con dispositivos para proporcionarle calor artificial al sustrato. Para construir la estructura se utilizan diferentes materiales, como la madera o cemento, con su respectivo sistema de riego y drenaje, deben construirse dentro de un vivero para evitar la incidencia directa del sol (44).

## **2.15. TERMOCALENTADOR**

### **2.15.1. DESCRIPCIÓN**

El termocalentador genera una temperatura desde los 18°C hasta 32°C manteniéndose el valor de temperatura escogido con una exactitud de +/- 1°C (45) (figura 5).



Fig. 5. Termocalentador.  
Fuente: (45)

### 2.15.2. ESPECIFICACIONES

- Regulación fácil e intuitiva.
- LED luminoso de funcionamiento.
- Mantenimiento simple.
- Potencia de 25 w.
- Rango: 18°C a 32°C.
- Fácil montaje y manejo (45).

### 2.16. PROCESO DE ENFRIAMIENTO

Es un método donde las partes vegetales obtenidas, son sometidas a un tiempo de enfriado (14 días) en el cual la dormancia de las células es activado mediante temperaturas por debajo de los 7°C (42).

### 2.17. FITOHORMONAS Y SUS FUNCIONES

Las plantas contienen cantidades hormonales mínimas que circulan dentro de ella; actúan como inhibidores de crecimiento y pueden originar la formación de diferentes estructuras como raíces, brotes y yemas, hay varios grupos de estas sustancias como son las auxinas, las citoquininas y las giberelinas (46).

### **2.17.1. AUXINAS**

Las auxinas son fitohormonas capaces de estimular el crecimiento de la raíz embrionaria y postembrionaria se encuentra sintetizada en las partes aéreas de las plantas y en los ápices, por esa razón la aplicación de auxinas en especies de difícil propagación es muy útil para aumentar el número de raíces y la calidad de las mismas (47).

Aunque la auxina se encuentra en toda la planta, las más altas concentraciones se sitúan en las regiones meristemáticas en crecimiento activo. Se las localizan tanto como moléculas libres o en formas conjugadas inactivas, de esta manera las auxinas se hallan metabólicamente unidas a otros compuestos debajo peso molecular (43).

### **2.17.2. CITOQUININAS**

Son hormonas vegetales que intervienen en el crecimiento y diferenciación de las células. Diversos materiales naturales y sintéticos como zeatina, kinetina, tienen actividad de citoquinina. Se originan en las zonas de crecimiento, como los meristemas, en la punta de las raíces y son transportadas vía acropetala (de abajo hacia arriba) (48).

### **2.17.3. GIBERELINAS**

Las giberelinas tienen una función de regular la síntesis del ácido nucleico y proteínas, es posible que supriman la iniciación de las raíces (8).

Esta hormona promueve la germinación de las semillas, induce la brotación de yemas; actúa en el crecimiento de las hojas, floración, desarrollo del fruto, pero afecta al crecimiento de la raíz (11).

### **2.17.4. ÁCIDO INDOLBUTÍRICO (AIB)**

El ácido indolbutírico (AIB) es una auxina natural y también es producida de manera sintética, esta modifica los procesos fisiológicos de las plantas y regula el crecimiento imitando a las hormonas producidas por las mismas (49). Es muy utilizado por su estabilidad, por ser resistente a la oxidación provocada por la luz y enzimas (50). Es excelente en formación de raíces,

por lo que el AIB es el material más empleado para estimular la formación de raíces en una amplia variedad de plantas (40).

## **2.18. SUSTRATO**

Es aquel material en el cual se establecen las plantas, se insertan estacas o se plantan semillas, teniendo como propósito dar soporte, almacenar y suministrar nutrientes; así como: agua que es retenida por el sustrato hasta ser asimilada por la plántula y el aire que proporciona la energía que las raíces necesitan para sus actividades fisiológicas. La tierra es el medio más propicio y conocido, pero en la actualidad hay sustratos de origen orgánico e inorgánico, capaces de suministrar oxígeno, agua, nutrientes y soporte, tal como lo hace el suelo (51) (52).

A diferencia del suelo, que mantiene más o menos estables sus características en el transcurso del tiempo, los sustratos no se comportan de igual manera, muchos materiales y sus mezclas son utilizados como medios de producción, pero sus características resultante no siempre son las adecuadas, lo importante de un sustrato no son los ingredientes y componentes si no sus propiedades y parámetros (52).

### **2.18.1. TIPOS DE SUSTRATOS**

Existen diferentes clasificaciones de los sustratos, fundamentados en el origen de los materiales, naturaleza, propiedades y capacidad de degradación.

#### **2.18.1.1. Sustratos químicamente inertes**

- Arena granítica.
- Grava.
- Roca volcánica.
- Perlita.
- Arcilla expandida.
- Lana de roca (1).

### **2.18.1.2. Sustratos químicamente activos**

- Turbas rubias y negras.
- Corteza de pino (53).
- Vermiculita.
- Materiales ligno-celulósicos (1).

Las diferencias entre sustratos químicamente inertes y activos se determinan por la capacidad de intercambio catiónico y la factibilidad que tienen en almacenar nutrientes.

Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo cual no hay transferencia entre el material sólido y la solución, siendo necesario la aplicación de fertilizantes (1) (53).

Los sustratos químicamente activos ofrecen el soporte a la planta pero al mismo tiempo sirven como depósito de reserva de los nutrientes contribuidos mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos conforme las requerimientos de la planta (54).

### **2.18.2. CARACTERÍSTICAS DE UN SUSTRATO ADECUADO**

Para obtener buenos resultados se requiere que un sustrato tenga las siguientes características:

- Ser denso y firme para sostener en su sitio las plantas o estacas.
- Retener suficiente humedad, para que el riego no sea muy frecuente.
- Ser lo adecuadamente poroso para que el exceso de agua drene del mismo, permitiendo la entrada de oxígeno a las raíces.
- Poseer un bajo contenido de sales (52) (55).

### **2.18.3. ASERRÍN**

Se ha demostrado por medio de estudios que el aserrín de pino generado por biodegradación evidenció un contenido nutricional de nitrógeno, fosforo y potasio, con porcentajes de 0,3N, 0,08P y 0,04K (56), útiles para ser aplicados en cultivos (57), cabe mencionar que el 47% de los sustratos biodegradados (aserrín, troncos, tallos de gramíneas) son aprovechados para cultivos bajo invernadero (58).

Por otra parte, el aserrín crudo también presenta características ventajosas en la producción de plantas en viveros forestales en la ciudad de México evidenciando no tener efectos tóxicos (59).

### **2.18.4. ARENA**

Las arenas de río son adecuadas como sustrato, por su granulometría que oscila entre 0,5 y 2 mm de diámetro, tiene una densidad aparente parecida a la grava, su capacidad de retención del agua es media (20% del peso y más del 35% del volumen), el contenido de aire disminuye con el tiempo a causa de la compactación y la capacidad de intercambio catiónico es nula. Es comparativamente habitual que su contenido en caliza alcance el 8-10%. Ciertos tipos de arena deben lavarse previamente antes de ser usadas como sustrato. Su pH varía entre 4 y 8 (11).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El trabajo de investigación se realizó en la hacienda Calderón de la parroquia Dug-Dug, ubicada 10 minutos del cantón Paute, provincia del Azuay. Las coordenadas geográficas del lugar en donde se realizó la investigación se presentan en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Ubicación Geográfica.

Altitud	2200 m.s.n.m
Latitud	2° 45' 04" S
Longitud	78° 41' 08" W

Fuente: (60).

#### 3.2. UNIDAD EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

Los tratamientos estudiados fueron cuatro:

- T1= estacas pre enfriadas a 1°C durante 14 días + cama caliente a 25°C (**EFCC**).
- T2= estacas pre enfriadas a 1°C durante 14 días + cama fría (**EFCF**).
- T3.= estacas sin enfriar + cama caliente a 25°C (**ECC**).
- T4= estacas sin enfriar + cama fría (**ECF**).

Para el proceso experimental se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo bifactorial con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (2 x 2 x 4), con un total de 16 unidades experimentales.

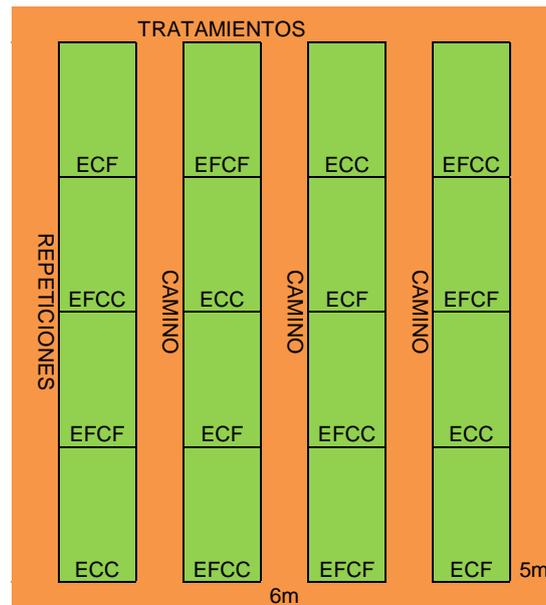
Estadísticamente los resultados fueron evaluados mediante el análisis de varianza (ADEVA) y la prueba de rango múltiple de Duncan con un nivel de probabilidad del 5%. Ver cuadro 3 y figura 6.

**Cuadro 3.** Distribución de los tratamientos.

I	II	III	IV
T4=ECF	T2=EFCE	T3=ECC	T1=EFCC
T1=EFCC	T3=ECC	T4=ECF	T2=EFCE
T2=EFCE	T4=ECF	T1=EFCC	T3=ECC
T3=ECC	T1=EFCC	T2=EFCE	T4=ECF

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.



**Fig. 6.** Esquema del invernadero y distribución de los tratamientos.

**EFCC= Estaca fría en cama caliente.**

**EFCF= Estaca fría en cama fría.**

**ECC= Estaca sin enfriar en cama caliente.**

**ECF= Estaca sin enfriar en cama fría.**

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

Cada unidad experimental estuvo constituida por 50 estacas, por tanto, para cada tratamiento se utilizaron 200 estacas, el número total de estacas empleadas en el experimento ascendieron a 800.

### **3.3. MATERIALES**

#### **3.3.1. FÍSICOS.**

En la ejecución de la investigación se usó los siguientes materiales:

- Libro de campo
- Lápiz
- Marcador
- Regla
- Tanque de 60 litros
- Bomba de mochila
- Manguera
- Invernadero
- Plástico
- Sarán
- Cajones de madera
- Termocalentadores
- Martillo
- Clavos
- Tijera de podar
- Cámara fotográfica
- Arena

#### **3.3.2. QUÍMICOS**

- Ácido indolbutírico
- Caldo bordelés
- Talco inerte
- Agua

#### **3.3.3. BIOLÓGICOS**

- Estacas de Aliso
- Aserrín

### **3.4. DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS**

#### **3.4.1. CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO**

Se construyó un invernadero con un área de 30 m<sup>2</sup>, utilizándose madera de eucalipto.

La parte superior de la infraestructura fue revestida por polietileno lineal de baja densidad. Las paredes fueron cubiertas con sarán al 75%, para evitar la incidencia directa el sol.

#### **3.4.2. CONTRUCCIÓN DE LAS CAMAS DE ENRAIZAMIENTO**

Se elaboraron 16 cajas utilizando tablas de madera, con dimensiones de 0,5 m de ancho por 0,5 m de largo y 0,25 m de profundidad con capacidad para 0,05 m<sup>3</sup> de sustrato, En cada caja se realizó tres orificios de drenaje, a una distancia de 0,8 m, a partir del centro de la misma. A su vez cada una fue cubierta con polietileno negro para evitar la propagación de hongos y garantizar la duración de la madera.

A las unidades experimentales (8 cajas) destinadas a los tratamientos con temperatura, se forjaron orificios laterales, en donde se colocaron los termocalentadores (Anexo 1; fotografía 1).

#### **3.4.3. PREPARACIÓN DEL SUSTRATO**

Se procedió a colocar el sustrato en las 16 unidades experimentales, conformado por 0,0125 m<sup>3</sup> de arena y 0,0375 m<sup>3</sup> de aserrín compostado por unidad, se tamizó los sustratos con una zaranda permitiendo la separación de piedras y materiales gruesos, para la obtención de un sustrato suelto y uniforme con el fin de facilitar el desarrollo de las raíces.

#### **3.4.4. DESINFECCIÓN DEL SUSTRATO**

Esta labor se realizó mediante un riego utilizando una bomba de mochila, aplicando una solución de caldo bordelés en concentración de 3 g/l de agua, para conseguir una desinfección homogénea del sustrato se procedió a removerlo para humedecerlo totalmente, una vez finalizado se dejó en

reposo por 24 horas para optimizar y garantizar el efecto de este proceso (Anexo 1; fotografía 2).

#### **3.4.5. OBTENCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL**

Se seleccionaron árboles sanos y jóvenes para la extracción del material vegetal, se procedió a cortar ramas de donde se obtuvieron las estacas (800), inmediatamente fueron colocadas en mantas húmedas para evitar su deshidratación (Anexo 1; fotografía 3).

La longitud de cada estaca fue de 25 cm, con un diámetro entre 1 a 2,5 cm cada una provista de 5-6 yemas (Anexo 1; fotografía 4). El tiempo que transcurrió entre la recolección total de las estacas y el montaje del experimento fue de cinco horas.

#### **3.4.6. DESINFECCIÓN DE LAS ESTACAS**

Después de preparado las estacas, se procedió a desinfectarlas con caldo bordelés en una proporción de 3 g/l de agua (Anexo 1; fotografía 5). En la cual se sumergieron las estacas por 15 minutos (Anexo 1; fotografía 6).

#### **3.4.7. PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DE LA HORMONA (AIB)**

Se preparó mezclando 2,5 g de Ácido Indolbutírico (AIB) al 98% con 100 g de talco inerte obteniendo una concentración de 5000 ppm (Anexo 1; fotografía 7), para homogenizar la mezcla, se colocó dentro de una funda plástica dejando aire dentro, se ató la funda y se procedió a sacudirla.

La manera de aplicación consistió en introducir la base de la estaca en la bandeja que contenía la mezcla de hormona (AIB), hasta el punto que una delgada película del enraizador se esparciera a una longitud de tres centímetros desde la base de la estaca, lugar donde se propiciará el enraizamiento (Anexo 1; fotografía 8).

### **3.4.8. CALENTAMIENTO DEL SUSTRATO Y PRE ENFRIADO DE ESTACAS**

#### **3.4.8.1. Calentamiento del sustrato**

Antes de plantar las estacas de ambos grupos (pre tratamiento con frio y sin pre tratamiento), en las camas de propagación, se procedió a calentar el sustrato en ocho de las 16 unidades experimentales. El tratamiento consistió en mantener una temperatura de 25°C durante los 90 días tiempo establecido para el ensayo, utilizando termocalentadores eléctricos.

#### **3.4.8.2. Pre enfriado de estacas**

La mitad de las estacas del experimento, es decir, 400 fueron sometidas a un pretratamiento con frio. El tratamiento residió en almacenar las estacas en un refrigerador a 1°C de temperatura por 14 días, antes de ser sometidas a la aplicación hormonal (Anexo 1; fotografía 9).

### **3.4.9. PLANTACIÓN DE LAS ESTACAS**

La plantación se realizó haciendo 50 hoyos por cama (usando un repicador), con un diámetro 50% mayor al de la estaca, esto permitió un adecuado ingreso de las estacas al sustrato sin presentar daños y protegiendo la hormona adherida en su base (Anexo 1; fotografía 10).

Posteriormente cada una fue colocada de forma vertical, presionando ligeramente el sustrato para que la estaca quede fija, una vez terminada esta labor, se aplicó un ligero riego (Anexo 1; fotografía 11).

#### **3.4.10. RIEGOS**

Los riegos se realizaron una vez por día en horas de la mañana (07:30), durante los 20 primeros días, utilizando una bomba de mochila de 20 litros con un aspersor nebulizador, los subsiguientes riegos se efectuaron en intervalos de tres días con una manguera, proporcionando una aspersion fina, hasta los 90 días.

### **3.4.11. DESHIERBA**

Las labores de deshierba se efectuaron en función a la presencia de malezas, con la finalidad de evitar la competencia en el aprovechamiento de nutrientes. Durante el experimento se realizaron cuatro deshierbas en forma manual a los 30, 45, 60 y 75 días.

### **3.4.12. CONTROL FITOSANITARIO**

Se realizaron controles periódicos cada 15 días, para prevenir el ataque de plagas y enfermedades.

Para evitar la presencia de plagas se aplicó el producto comercial Bala en una dosis de 1 cc/l de agua y para la prevención de ataque de hongos y bacterias se utilizó Kocide en una dosis de 2,5 g/l de agua, siguiendo las recomendaciones de la casa comercial.

## **3.5. TOMA DE DATOS DE LAS VARIABLES**

Una vez realizada la plantación de las estacas de Aliso, se procedió a la toma de datos que se efectuaron cada 15 días a partir de la misma en: Número de brotes, número de estacas turgentes y verdes, largo y ancho de hojas y a los 90 días se registraron los datos del: Número de estacas con raíces, número de raíces por estaca y longitud de raíces.

Los datos tomados fueron analizados mediante la estadística aplicada utilizando el análisis de varianza y la prueba de rango múltiple de Duncan al 5%.

### **3.5.1. NÚMERO DE ESTACAS CON BROTES**

Se registraron a partir de los 15 días desde su plantación hasta los 90 días, se consideró como brote aquel que al menos medía 1 mm de longitud.

### **3.5.2. LARGO Y ANCHO DE HOJAS**

Utilizando un flexómetro, se midió en centímetros el largo y ancho de dos hojas por estaca, en diez seleccionadas al azar, por tratamiento y repetición, las lecturas se las realizó a los 45 y 60 días.

### **3.5.3. NÚMERO DE ESTACAS CON CALLOS**

Se procedió al conteo de las estacas, que presentaron formación de callos a los 90 días, es decir, al final del experimento, para lo cual se contabilizó el número de las mismas que tenían callos en todas las unidades experimentales. Se considera un callo a aquella acumulación horizontal de masa blanquecina de 1 mm como mínimo (38).

### **3.5.4. NÚMERO DE ESTACAS CON RAÍCES**

A los 90 días se evaluó el número de estacas enraizadas, por tratamiento en todas las repeticiones. Se tomó en cuenta como una estaca enraizada aquella que presentó al menos una raíz de 2 mm o más de longitud.

### **3.5.5. NÚMERO DE RAÍCES POR ESTACA**

Se realizó un muestreo de diez estacas al azar de cada unidad experimental en las cuales se contabilizó el número de raíces por estaca a los 90 días de la plantación.

### **3.5.6. LONGITUD DE RAÍCES**

Los datos se registraron a los 90 días, tomando como muestra las mismas estacas que fueron seleccionadas al azar para el número de raíces. Se midió su longitud con una regla graduada desde la base de la estaca hasta la cofia y se expresó en centímetros.

### **3.5.7. NÚMERO DE ESTACAS TURGENTES Y CON COLORACIÓN VERDE**

Para evaluar esta variable se cuantificó la cantidad de estacas que presentaron turgencia y coloración verde, en cada uno de los tratamientos, los datos fueron registrados cada 15 días durante los 90 días.

## 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en función a los objetivos propuestos en la investigación, basados en las variables en estudio, efecto del pre enfriado de las estacas y del sustrato (cama fría y cama caliente) se presentan a continuación:

### 4.1. NÚMERO DE ESTACAS CON BROTES

En esta variable los datos se tomaron cada 15 días del 100% de las estacas (800), utilizadas en el ensayo (Anexo1; fotografía 12).

El cuadro 4 señala los datos conseguidos del número de estacas con brotes a los 15 días de su plantación, indicando que los tratamientos EFCC y EFCF obtuvieron los valores promedios más altos con 25 y 24,75 estacas respectivamente, a diferencia de los tratamientos ECC y ECF que mostraron una tendencia inferior con promedios de 15,25 y 13,50 estacas.

**Cuadro 4.** Número de estacas con brotes a los 15 días de su plantación.

		Repeticiones						
Tratamientos		I	II	III	IV	Total (t)	Media (t)	
EF	CC	24	29	26	21	100,00	25,00	
EF	CF	27	21	27	24	99,00	24,75	
E	CC	13	15	12	14	54,00	13,50	
E	CF	10	17	18	16	61,00	15,25	
Total (b)		74,00	82,00	83,00	75,00	314,00	78,50	
Media (b)		18,50	20,50	20,75	18,75	78,50	19,63	
Desviación típica		6,05	Media principal					19,63

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ADEVA) para número de estacas con brotes demuestran claramente que tratamientos y pre enfriado de las estacas (T.E) determinan diferencias estadísticas altamente significativas, mientras tanto, que la temperatura de camas (T.C), interacción (TE x TC) y bloques no demuestran significancia estadística alguna entre sus fuentes de variación. Ver cuadro 5.

**Cuadro 5.** Análisis de varianza de estacas con brotes a los 15 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	549,75			5%	1%
Tratamientos	3	447,25	149,08	15,56**	3,86	6,99
T.E	1	441,00	441,00	46,02**	5,12	10,56
T.C	1	2,25	2,25	0,23 NS	5,12	10,56
TE x TC	1	4,00	4,00	0,42 NS	5,12	10,56
Bloques	3	16,25	5,42	0,57 NS	3,86	6,99
Error	9	86,25	9,58			
CV	15,84					

\*\*= Altamente significativo.

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

Según la prueba de Duncan al 5% para el número de estacas con brotes, determina dos rangos: El rango A con medias de 25 y 24,75 estacas agrupa a los tratamientos EFCC y EFCF que son estadísticamente iguales y al rango B con medias de 15,25 y 13,5 pertenecen los tratamientos ECC y ECF que indican similitud entre sí. Ver cuadro 6.

**Cuadro 6.** Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para estacas con brotes a los 15 días.

Prueba de Duncan al (5%)		
Tratamientos	Medias	Rangos
EFCC	25	A
EFCF	24,75	A
ECF	15,25	B
ECC	13,5	B

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

Los datos del cuadro 7 muestran que 447 estacas emitieron brotes a los 30 días, es decir, el 55,87% del total de estacas plantadas. Los tratamientos que fueron sometidos a pre enfriamiento (EFCC y EFCF) obtuvieron 124 y 127 estacas con brotes, y los tratamientos (ECC y ECF) 100 y 96 estacas con brotes respectivamente.

**Cuadro 7.** Número de estacas con brotes a los 30 días de su plantación.

		Repeticiones					
Tratamientos		I	II	III	IV	Total (t)	Media (t)
EF	CC	32	31	28	33	124,00	31,00
EF	CF	31	33	34	29	127,00	31,75
E	CC	25	27	23	25	100,00	25,00
E	CF	22	22	24	28	96,00	24,00
Total (b)		110,00	113,00	109,00	115,00	447,00	111,75
Media (b)		27,50	28,25	27,25	28,75	111,75	27,94
Desviación típica		4,11		Media principal		27,94	

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

Conforme lo determina el ADEVA para el número de estacas con brotes, los tratamientos y pre enfriado de las estacas (TE) mostraron diferencias estadísticas altamente significativas, pero en cuanto a temperatura de camas (TC), interacción y bloques no se observa diferencias estadísticas significativas entre sus fuentes de variación. Ver cuadro 8.

**Cuadro 8.** Análisis de varianza de estacas con brotes a los 30 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	252,94			5%	1%
Tratamientos	3	192,19	64,06	10,47**	3,86	6,99
T.E	1	189,06	189,06	30,90**	5,12	10,56
T.C	1	0,06	0,06	0,01NS	5,12	10,56
TE x TC	1	3,06	3,06	0,50 NS	5,12	10,56
Bloques	3	5,69	1,9	0,31NS	3,86	6,99
Error	9	55,06	6,12			
CV	8,85					

\*\*= Altamente significativa.

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

Por lo reportado en el cuadro 9, en la prueba de Duncan al 5% los tratamientos EFCF y EFCC con sus promedios de 31,75 y 31 número de estacas con brotes ocupan el rango A; mientras que en el rango B, se encuentran los tratamientos ECC y ECF con promedios de 25 y 24, demostrando que estadísticamente la diferencia entre las estacas enfriadas y las no enfriadas es notable.

**Cuadro 9.** Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para estacas con brotes a los 30 días.

Prueba de Duncan al (5%)		
Tratamientos	Medias	Rangos
EFCF	31,75	A
EFCC	31	A
ECC	25	B
ECF	24	B

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

A los 45 días después de la plantación la diferencia entre tratamientos con respecto al número de estacas con brotes es mínima, en donde el tratamiento (ECF) alcanzó el promedio más alto y el tratamiento (ECC) obtuvo el promedio más bajo. El número total de estacas que presentaron brotes a los 45 días fue de 238. Ver cuadro 10.

**Cuadro 10.** Número de estacas con brotes a los 45 días de su plantación.

Tratamientos		Repeticiones				Total (t)	Media (t)
		I	II	III	IV		
EF	CC	19	17	13	11	60,00	15,00
EF	CF	10	17	13	19	59,00	14,75
E	CC	14	12	11	17	54,00	13,50
E	CF	13	19	18	15	65,00	16,25
Total (b)		56,00	65,00	55,00	62,00	238,00	59,50
Media (b)		14,00	16,25	13,75	15,50	59,50	14,88
Desviación típica		3,14	Media principal				14,88

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

No existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, pre enfriado de las estacas (T.E), temperatura de camas (T.C) y la interacción según el ADEVA, entendiéndose que la variable (número de estacas con brotes) es totalmente independiente de los parámetros en estudio, razón por la cual no es necesario realizar la prueba de Duncan. Ver cuadro 11.

**Cuadro 11.** Análisis de varianza de estacas con brotes a los 45 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	147,75			5%	1%
Tratamientos	3	15,25	5,08	0,40 NS	3,86	6,99
T.E	1	0,00	0,00	0,00 NS	5,12	10,56
T.C	1	6,25	6,25	0,49 NS	5,12	10,56
TE x TC	1	9,00	9,00	0,70 NS	5,12	10,56
Bloques	3	17,25	5,75	0,45 NS	3,86	6,99
Error	9	115,25	12,81			
CV	24,05					

**NS= No significativo.**

**T.E= Temperatura de estacas.**

**T.C= Temperatura de camas.**

El cuadro 12 destaca que a los 60 días el tratamiento que presentó el mayor número estacas con brotes fue EFCC con 45. El total de estacas con brotes hasta esta fecha fue de 143.

**Cuadro 12.** Número de estacas con brotes a los 60 días de su plantación.

Tratamientos		Repeticiones				Total (t)	Media (t)	
		I	II	III	IV			
EF	CC	12	13	11	9	45,00	11,25	
EF	CF	7	6	9	10	32,00	8,00	
E	CC	7	10	11	7	35,00	8,75	
E	CF	9	7	9	6	31,00	7,75	
Total (b)		35,00	36,00	40,00	32,00	143,00	35,75	
Media (b)		8,75	9,00	10,00	8,00	35,75	8,94	
Desviación típica		2,14				Media principal		8,94

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

En el análisis de varianza para las fuentes de variación tratamientos, pre enfriado de estacas (T.E) y la interacción (TE x TC), para el número de estacas con brotes a los 60 días, registraron valores estadísticos no significativos, mientras tanto el tratamiento (T.C) demostró una diferencia estadística significativa en el análisis de esta variable. Ver cuadro 13.

**Cuadro 13.** Análisis de varianza de estacas con brotes a los 60 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	68,94			5%	1%
Tratamientos	3	30,69	10,23	3,06 NS	3,86	6,99
T.E	1	7,56	7,56	2,26 NS	5,12	10,56
T.C	1	18,06	18,06	5,41*	5,12	10,56
TE x TC	1	5,06	5,06	1,52 NS	5,12	10,56
Bloques	3	8,19	2,73	0,82 NS	3,86	6,99
Error	9	30,06	3,34			
CV	20,44					

\*= Significativo.

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

En la prueba de Duncan al 5% los tratamientos EFCC y ECC comparten el rango A y en el rango B se encuentran los tratamientos ECC, EFCF y ECF, entendiéndose que estos presentan un comportamiento similar entre ellos. Ver cuadro 14.

**Cuadro 14.** Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para estacas con brotes a los 60 días.

Prueba de Duncan al (5%)		
Tratamientos	Medias	Rangos
EFCC	11,25	A
ECC	8,75	AB
EFCF	8	B
ECF	7,75	B

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

El cuadro 15 muestra los datos obtenidos en el conteo del número de estacas con brotes a los 75 días después de su plantación. Teniendo una media general de 1,50 estacas con brotes por tratamiento y un total de 24,01.

**Cuadro 15.** Número de estacas con brotes a los 75 días de su plantación (datos transformados a  $\sqrt{x+0.5}$ ).

		Repeticiones					
Tratamientos		I	II	III	IV	Total (t)	Media (t)
EF	CC	1,58	1,58	1,22	1,22	5,60	1,40
EF	CF	0,7	1,87	1,22	1,22	5,01	1,25
E	CC	1,22	1,87	1,58	1,58	6,25	1,56
E	CF	1,87	1,58	2,12	1,58	7,15	1,79
Total (b)		5,37	6,90	6,14	5,60	24,01	6,00
Media (b)		1,34	1,73	1,54	1,40	6,00	1,50
Desviación típica		0,35	Media principal				1,50

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

Los resultados del ADEVA para el número de estacas con brotes a los 75 días (cuadro 16), no establecen diferencias estadísticas significativas en las variables, correspondiéndose por lo tanto que la emisión de brotes es totalmente independiente de los parámetros en estudio, razón por la cual no se efectúa la prueba de Duncan.

**Cuadro 16.** Análisis de varianza de estacas con brotes a los 75 días.

	FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total		15	1,87			5%	1%
Tratamientos		3	0,63	0,21	2,13 NS	3,86	6,99
T.E		1	0,49	0,49	4,93 NS	5,12	10,56
T.C		1	0,01	0,01	0,06 NS	5,12	10,56
TE x TC		1	0,14	0,14	1,41NS	5,12	10,56
Bloques		3	0,35	0,12	1,17 NS	3,86	6,99
Error		9	0,89	0,10			
CV			21,08				

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

El pre tratamiento de estacas sometidas al pre enfriado 1°C durante 14 días (TE), demostró influir en el número de estacas con brotes a los 30 y 45 días, mientras que la temperatura de camas (TC) influyó a los 60 días, a diferencia de los tratamientos que no fueron sometidos a este procedimiento, concluyendo que la temperatura estimula y acelera los procesos de brotación, que coincide con lo expuesto por (5). Sin embargo a partir de los 75 días las estacas comienzan a perder verdor y a secarse, por tanto los brotes emitidos también pierden turgencia, se secan y mueren.

## 4.2. DATOS DEL LARGO Y ANCHO DE HOJAS

El cuadro 17, muestra los datos recolectados del largo de hojas en las estacas de Aliso a los 45 días de su plantación, consiguiendo mayor desarrollo foliar las estacas tratadas con frío (EFCC y EFCF) con medias de 1,69y 1,96 cm de longitud respectivamente.

**Cuadro 17.** Largo de hojas a los 45 días de su plantación (cm).

		Repeticiones				Total (t)	Media (t)
Tratamientos		I	II	III	IV		
EF	CC	1,95	1,6	2,15	1,05	6,75	1,69
EF	CF	2,05	1,7	2,25	1,85	7,85	1,96
E	CC	1,5	1,05	1,06	1,85	5,46	1,37
E	CF	0,75	1,3	0,8	1,05	3,90	0,98
Total (b)		6,25	5,65	6,26	5,80	23,96	5,99
Media (b)		1,56	1,41	1,57	1,45	5,99	1,50
Desviación típica		0,50	Media principal				1,50

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

El ADEVA demuestra una diferencia estadística altamente significativa para las fuentes de variación, pre enfriado de las estacas (T.E) y significativa para tratamientos; por el contrario para temperatura de camas (T.C) y la interacción (TE x TC) registra un valor estadístico no significativo. Ver cuadro 18.

**Cuadro 18.** Análisis de varianza de largo de hojas a los 45 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	3,68			5%	1%
Tratamientos	3	2,17	0,72	4,54*	3,86	6,99
T.E	1	1,72	1,72	10,77**	5,12	10,56
T.C	1	0,01	0,01	0,08 NS	5,12	10,56
TE x TC	1	0,44	0,44	2,78 NS	5,12	10,56
Bloques	3	0,07	0,02	0,15	3,86	6,99
Error	9	1,43	0,16			
CV	26,66					

\*\*= Altamente significativo.

\*= Significativo.

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

En la prueba de Duncan al 5% los resultados con respecto al largo de hojas a los 45 días establecen dos rangos de significación: en el A se encuentran los tratamientos EFCF, EFCC y ECC y en el rango B se encuentran los tratamientos ECC y ECF. Ver cuadro 19.

**Cuadro 19.** Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para largo de hojas a los 45 días.

Prueba de Duncan al (5%)		
Tratamientos	Medias	Rangos
EFCF	1,96	A
EFCC	1,69	A
ECC	1,37	AB
ECF	0,98	B

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

Las medidas tomadas del largo de hojas en las estacas de Aliso a los 60 días de su plantación se expresan en el cuadro 20, observándose que el tratamiento EFCF alcanzó una media de 2,20 cm, demostrando mejor desarrollo foliar con respecto a los demás tratamientos.

**Cuadro 20.** Largo de hojas a los 60 días de su plantación (cm).

Tratamientos		Repeticiones				Total (t)	Media (t)
		I	II	III	IV		
EF	CC	2,15	1,75	2,2	2,5	8,60	2,15
EF	CF	2,05	2,05	2,5	2,2	8,80	2,20
E	CC	1,75	1,4	1,9	1,95	7,00	1,75
E	CF	1,55	1,35	1,3	2,15	6,35	1,59
Total (b)		7,50	6,55	7,90	8,80	30,75	7,69
Media (b)		1,88	1,64	1,98	2,20	7,69	1,92
Desviación típica		0,38	Media principal				1,92

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

Al someter los resultados experimentales al ADEVA se revela una diferencia estadística altamente significativa en tratamientos y pre enfriado de las estacas (T.E), mientras que el tratamiento temperatura de camas (T.C) y la interacción (TE x TC) no demostraron diferencias estadísticas significativas entre sus fuentes de variación. Ver cuadro 21.

**Cuadro 21.** Análisis de varianza de largo de hojas a los 60 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	2,14			5%	1%
Tratamientos	3	1,08	0,36	7,95**	3,86	6,99
T.E	1	1,03	1,03	22,56**	5,12	10,56
T.C	1	0,01	0,01	0,28 NS	5,12	10,56
TE x TC	1	0,05	0,05	0,99 NS	5,12	10,56
Bloques	3	0,65	0,22	4,79 NS	3,86	6,99
Error	9	0,41	0,05			
CV	11,64					

\*\*= Altamente significativo.

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

En la prueba de Duncan al 5% para el largo de hojas, los tratamientos EFCF y EFCC comparten el rango A con promedios de 2,2 y 2,15 cm respectivamente, considerándose estadísticamente iguales, datos que revelan que el pre tratamiento con frio influyó en la longitud de las hojas. Ver cuadro 22.

**Cuadro 22.** Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para largo de hojas a los 60 días.

Prueba de Duncan al (5%)		
Tratamientos	Medias	Rangos
EFCF	2,2	A
EFCC	2,15	A
ECC	1,75	B
ECF	1,59	B

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

El cuadro 23, detalla los datos del ancho de hojas a los 45 días después de su plantación, estableciéndose una media principal de 0,63 cm y una desviación típica de 0,19 que otorga confiabilidad a los resultados obtenidos.

**Cuadro 23.** Ancho de hojas a los 45 días de su plantación (cm).

		Repeticiones						
Tratamientos		I	II	III	IV	Total (t)	Media (t)	
EF	CC	0,4	0,55	0,65	0,35	1,95	0,49	
EF	CF	0,85	0,6	1,05	0,6	3,10	0,78	
E	CC	0,75	0,75	0,6	0,65	2,75	0,69	
E	CF	0,35	0,85	0,45	0,55	2,20	0,55	
Total (b)		2,35	2,75	2,75	2,15	10,00	2,50	
Media (b)		0,59	0,69	0,69	0,54	2,50	0,63	
Desviación típica		0,19	Media principal					0,63

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

Finalizado el análisis de varianza se estableció que no existen diferencias estadísticas significativas en las fuentes de variación: tratamientos, pre enfriado de las estacas (T.E), temperatura de camas (T.C) y la interacción (TE x TC), por lo que no se realiza la prueba de rango múltiple de Duncan, considerando que las variables se comportan independientemente de los parámetros en estudio. Ver cuadro 24.

**Cuadro 24.** Análisis de varianza de ancho de hojas a los 45 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	0,56			5%	1%
Tratamientos	3	0,20	0,07	2,12 NS	3,86	6,99
T.E	1	0,00	0,00	0,02 NS	5,12	10,56
T.C	1	0,02	0,02	0,70 NS	5,12	10,56
TE x TC	1	0,18	0,18	5,63 NS	5,12	10,56
Bloques	3	0,07	0,02	0,70 NS	3,86	6,99
Error	9	0,29	0,03			
CV	27,49					

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

Los datos del ancho de las hojas a los 60 días se muestran en el cuadro 25, en donde el tratamiento EFCF con un promedio de 0,93 cm, mostro un mejor desarrollo y el tratamiento ECF con un promedio de 0,69 cm, fue deficiente.

**Cuadro 25.** Ancho de hoja a los 60 días de su plantación (cm).

		Repeticiones					
Tratamientos		I	II	III	IV	Total (t)	Media (t)
EF	CC	0,55	0,6	1,2	1	3,35	0,84
EF	CF	0,95	0,8	1,25	0,7	3,70	0,93
E	CC	0,8	0,9	0,75	0,9	3,35	0,84
E	CF	0,5	0,85	0,65	0,75	2,75	0,69
Total (b)		2,80	3,15	3,85	3,35	13,15	3,29
Media (b)		0,70	0,79	0,96	0,84	3,29	0,82
Desviación típica		0,21	Media principal				0,82

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

El ADEVA para cada uno de los conjuntos de valores registrados, con respecto al ancho de las hojas a los 60 días, se determinó que no hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, deduciéndose que el ancho de las hojas, es independiente de los parámetros en estudio. Ver cuadro 26.

**Cuadro 26.** Análisis de varianza para el ancho de hojas a los 60 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	0,67			5%	1%
Tratamientos	3	0,12	0,04	0,86 NS	3,86	6,99
T.E	1	0,06	0,06	1,24 NS	5,12	10,56
T.C	1	0,00	0,00	0,09 NS	5,12	10,56
TE x TC	1	0,06	0,06	1,24 NS	5,12	10,56
Bloques	3	0,14	0,05	1,06 NS	3,86	6,99
Error	9	0,41	0,05			
CV	27,26					

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

El largo de las hojas se vio influenciado por el enfriamiento suministrado a las estacas (T.E), porque presentaron diferencia altamente significativa a los 45 y 60 días. Cabe señalar que el ancho de las hojas no tuvo influencia de ningún factor, estadísticamente no presentó significación alguna.

### 4.3. NÚMERO DE ESTACAS CON FORMACIÓN DE CALLOS A LOS 90 DÍAS

Los datos registrados de la formación de callos en las estacas de Aliso a los 90 días muestran una media general de 2,94 callos por tratamiento (Anexo 1; fotografía 13) y un total de 46,99 estacas con callos en todo el experimento, representando el 6% de las 800 estacas evaluadas (cuadro 27).

**Cuadro 27.** Número de estacas con formación de callo a los 90 días de su plantación (datos transformados a  $\sqrt{x+0.5}$ ).

Tratamientos		Repeticiones				Total (t)	Media (t)
		I	II	III	IV		
EF	CC	2,54	3,08	2,73	1,58	9,93	2,48
EF	CF	3,08	2,12	2,12	2,54	9,86	2,47
E	CC	3,67	2,73	3,24	4,3	13,94	3,49
E	CF	3,53	2,54	3,8	3,39	13,26	3,32
Total (b)		12,82	10,47	11,89	11,81	46,99	11,75
Media (b)		3,21	2,62	2,97	2,95	11,75	2,94
Desviación típica		0,71	Media principal				2,94

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

En la variable estacas con callo se registró para las fuentes de variación tratamientos, temperatura de camas (T.C) y la interacción (TE x TC) una diferencia estadística no significativa, por el contrario en el pre tratamiento con frio a las estacas (T.E) registró un valor estadístico significativo. Ver cuadro 28.

**Cuadro 28.** Análisis de varianza del número estacas con formación de callo a los 90 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	7,56			5%	1%
Tratamientos	3	3,49	1,16	3,10 NS	3,86	6,99
T.E	1	3,43	3,43	9,16*	5,12	10,56
T.C	1	0,04	0,04	0,09 NS	5,12	10,56
TE x TC	1	0,02	0,02	0,06 NS	5,12	10,56
Bloques	3	0,70	0,23	0,62 NS	3,86	6,99
Error	9	3,37	0,37			
CV	20,68					

\*= Significativo.

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

Realizada la prueba de Duncan al 5% para número de estacas con formación de callo (cuadro 29), establece un solo rango A para todos los tratamientos, lo que determina que estos se comportan estadísticamente de manera similar entre ellos.

**Cuadro 29.** Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para el número de estacas con formación de callo a los 90 días.

Prueba de Duncan al 5%		
Tratamientos	Medias	Rangos
ECC	3,49	A
ECF	3,32	A
EFCC	2,48	A
EFCF	2,47	A

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

#### 4.4. NÚMERO DE ESTACAS CON RAÍCES A LOS 90 DÍAS

El cuadro 30, muestra los datos de la variable número de estacas con formación de raíces tomados al final del ensayo (90 días), en donde las estacas sometidas al enfriamiento correspondientes a los tratamientos EFCC y EFCF presentaron en promedio 34,75 y 31,71 estacas enraizadas respectivamente; en tanto, que las estacas de los tratamientos ECC y ECF alcanzaron en promedio 26,75 y 18,25 estacas con raíces mutuamente. El número de estacas que desarrollaron sistema radicular, ascienden a 446 que representan el 55,75% del total de estacas evaluadas en el experimento.

**Cuadro 30.** Número de estacas con raíces a los 90 días de su plantación.

		Repeticiones				Total (t)	Media (t)
Tratamientos		I	II	III	IV		
EF	CC	30	33	35	41	139,00	34,75
EF	CF	30	37	29	31	127,00	31,75
E	CC	27	27	29	24	107,00	26,75
E	CF	22	18	16	17	73,00	18,25
Total (b)		109,00	115,00	109,00	113,00	446,00	111,50
Media (b)		27,25	28,75	27,25	28,25	111,50	27,88
Desviación típica		7,13	Media principal				27,88

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

Del análisis de varianza para el número de estacas con raíces (cuadro 31), se estableció diferencias estadísticas altamente significativas en tratamientos y pre enfriado de las estacas (T.E), mientras que la temperatura

de camas (T.C) tuvo un valor significativo, demostrando que el enfriamiento previo aplicado a las estacas y la temperatura del sustrato incidió en la formación de raíces, las fuentes de variación para la interacción (TE x TC) y bloques no registraron diferencias significativas.

**Cuadro 31.** Análisis de varianza del número de estacas con raíces a los 90 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	761,75			5%	1%
Tratamientos	3	624,75	208,25	14,39**	3,86	6,99
T.E	1	462,25	462,25	31,94**	5,12	10,56
T.C	1	132,25	132,25	9,14*	5,12	10,56
TE x TC	1	30,25	30,25	2,09 NS	5,12	10,56
Bloques	3	6,75	2,25	0,16 NS	3,86	6,99
Error	9	130,25	14,47			
CV	13,64					

\*\*= Altamente significativo.

\*= Significativo

NS= No significativo

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

La prueba de Duncan al 5% establece tres rangos de significación para el número de estacas enraizadas, compartiendo el rango A se encuentran los tratamientos EFCC y EFCF, en el rango B los tratamientos EFCF y ECC y en el rango C el tratamiento ECF. Ver cuadro 32.

**Cuadro 32.** Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para el número de estacas con raíces a los 90 días.

Prueba de Duncan al (5%)		
Tratamientos	Medias	Rangos
EFCC	34,75	A
EFCF	31,75	AB
ECC	26,75	B
ECF	18,25	C

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

#### 4.5. NÚMERO DE RAÍCES POR ESTACA A LOS 90 DÍAS

Los datos expresados en el cuadro 33, representan las medias del número de raíces por estaca a los 90 días, es decir, al final del ensayo; en donde se observa que el tratamiento EFCC es aquel que presenta mayor cantidad de raíces con un promedio de 34,53, seguido por los tratamientos EFCF y ECC con promedios de 24,25 y 12,75, en tanto que el tratamiento

(ECF) demostró ser el más deficiente con un promedio de 5,08 raíces por estaca.

**Cuadro 33.** Número de raíces por estaca a los 90 días de su plantación.

Tratamientos		Repeticiones				Total (t)	Media (t)
		I	II	III	IV		
EF	CC	31,1	30,2	37,9	38,9	138,10	34,53
EF	CF	28,1	27,4	19,4	22,1	97,00	24,25
E	CC	16,6	12,2	10,5	11,7	51,00	12,75
E	CF	4,9	5,8	5,6	4	20,30	5,08
Total (b)		80,70	75,60	73,40	76,70	306,40	76,60
Media (b)		20,18	18,90	18,35	19,18	76,60	19,15
Desviación típica		11,95	Media principal				19,15

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

Los datos estadísticos del análisis de varianza muestran diferencias altamente significativas para las fuentes de variación: tratamientos, pre enfriado de las estacas (T.E) y temperatura de camas (T.C), comprobando que las estacas sometidas a una temperatura de 1°C durante 14 días, como las estacas plantadas en las camas a temperatura de 25°C influyo en el número de raíces por estaca. La interacción (TE x TC) y los bloques no revelaron significancia. Ver cuadro 34.

**Cuadro 34.** Análisis de varianza del número de raíces por estaca a los 90 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	2143,00			5%	1%
Tratamientos	3	2005,87	668,62	46,25**	3,86	6,99
T.E	1	1676,90	1676,90	115,99**	5,12	10,56
T.C	1	322,20	322,20	22,29**	5,12	10,56
TE x TC	1	6,76	6,76	0,47NS	5,12	10,56
Bloques	3	7,01	2,34	0,16 NS	3,86	6,99
Error	9	130,12	14,46			
CV	19,85					

\*\*= Altamente significativo.

\*= Significativo.

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

La prueba de Duncan al 5% para el número de raíces por estaca, establece cuatro rangos de significación: el tratamiento EFCC ocupa el rango A, el tratamiento EFCE se encuentra en el rango B, el tratamiento ECC en el rango C y en el rango D se ubica el tratamiento ECF. Ver cuadro 35.

**Cuadro 35.** Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para el número de raíces a los 90 días.

Prueba de Duncan al (5%)		
Tratamientos	Medias	Rangos
EFCC	34,53	A
EFCF	24,25	B
ECC	12,75	C
ECF	5,08	D

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

## 4.6. LONGITUD DE LAS RAÍCES A LOS 90 DÍAS

Los datos detallados en el cuadro 36, se refieren a la longitud de las raíces formadas en las estacas de Aliso, las cuales fueron medidas en centímetros, con un promedio general de 1,53 cm de largo de raíz por estaca y promedios individuales de 0,68 cm en el tratamiento ECF, 1,33 cm en el tratamiento ECC, 1,97 cm en el tratamiento EFCC y 2,13 cm alcanzando la raíz más larga el tratamiento EFCF. La desviación típica se encuentra a 0,54 de dispersión con respecto a la media principal, porcentaje que indica que el ensayo está dentro del rango de confiabilidad.

**Cuadro 36.** Longitud de raíces los 90 días de su plantación (cm).

Tratamientos		Repeticiones				Total (t)	Media (t)
		I	II	III	IV		
EF	CC	2,485	1,815	1,835	1,725	7,86	1,97
EF	CF	2,275	2,115	2,015	2,12	8,53	2,13
E	CC	0,97	1,385	1,625	1,345	5,33	1,33
E	CF	0,68	1,11	1,03	0,94	2,73	0,68
Total (b)		6,41	6,43	5,48	6,13	24,44	6,11
Media (b)		1,60	1,61	1,37	1,53	6,11	1,53
Desviación típica		0,54	Media principal				1,53

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

Realizado el análisis de varianza para la longitud de raíces, se observa diferencias estadísticas altamente significativas para las fuentes de variación tratamientos y pre enfriado de las estacas (T.E), el tratamiento temperatura de camas (T.C) y la interacción (TE x TC) no tuvieron significancia, esto se aprecia en el cuadro 37.

**Cuadro 37.** Análisis de varianza en longitud de raíces a los 90 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	6,57			5%	1%
Tratamientos	3	5,23	1,74	13,21**	3,86	6,99
T.E	1	4,34	4,34	32,84**	5,12	10,56
T.C	1	0,23	0,23	1,76 NS	5,12	10,56
TE x TC	1	0,66	0,66	5,03 NS	5,12	10,56
Bloques	3	0,15	0,05	0,37 NS	3,86	6,99
Error	9	1,19	0,13			
CV	23,56					

\*\*= Altamente significativo.

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

La prueba de Duncan al 5% para longitud de raíces (cuadro 38), establece tres rangos de significación: El rango A ocupan los tratamientos EFCF y EFCC, en el rango B se encuentra el tratamiento ECC y al rango C pertenece el tratamiento ECF.

**Cuadro 38.** Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para la longitud de raíces a los 90 días.

Prueba de Duncan al 5%		
Tratamientos	Medias	Rangos
EFCF	2,13	A
EFCC	1,97	A
ECC	1,33	B
ECF	0,68	C

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

Del análisis para las variables número de estacas con raíces, número de raíces por estaca y longitud de raíces, se observa que las estacas sometidas al tratamiento de enfriamiento a 1°C durante 14 días, resultó favorable para las variables en estudio, mientras que la temperatura de las camas a 25°C, predominó en número de estacas con raíces y número de raíces por estaca, como lo demuestra el comportamiento del tratamiento de estaca fría cama caliente EFCC, que presentó en promedio 34,75 estacas con raíces y 34,53 raíces por estaca y 1,97 cm de longitud, datos que son superiores a los demás tratamientos (Anexo 1; fotografía 14).

#### 4.7. NÚMERO DE ESTACAS TURGENTES Y CON COLORACIÓN VERDE

A los 15 días de plantadas de las 800 estacas que constituyen el ensayo, se observa 650 estacas turgentes y con coloración verde. Los datos del cuadro 39 indican que los tratamientos EFCC y EFCF presentaron el mayor

número estacas turgentes y verdes, (174 estacas de 200 en cada tratamiento) y los tratamientos con menor número de estacas turgentes y verdes fueron ECC y ECF (140 y 162 respectivamente).

**Cuadro 39.** Número de estacas turgentes y con coloración verde a los 15 días después de su plantación.

		Repeticiones					
Tratamientos		I	II	III	IV	Total (t)	Media (t)
EF	CC	45	42	45	42	174,00	43,50
EF	CF	45	44	41	44	174,00	43,50
E	CC	32	38	31	39	140,00	35,00
E	CF	41	36	43	42	162,00	40,50
Total (b)		163,00	160,00	160,00	167,00	650,00	162,50
Media (b)		40,75	40,00	40,00	41,75	162,50	40,63
Desviación típica		4,40		Media principal			40,63

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

El ADEVA que se expone en el cuadro 40, establece diferencias estadísticas altamente significativas para pre enfriado de las estacas (T.E), significativa para tratamientos y no significativas tanto para temperatura de camas (T.C), como para la interacción (TE x TC).

El coeficiente de variación para el número de estacas turgentes y verdes alcanzó el 7,72% porcentaje que indica confiabilidad en los resultados.

**Cuadro 40.** Análisis de varianza de estacas turgentes y con coloración verde a los 15 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	289,75			5%	1%
Tratamientos	3	192,75	64,25	6,52*	3,86	6,99
T.E	1	132,25	132,25	13,41**	5,12	10,56
T.C	1	30,25	30,25	3,07 NS	5,12	10,56
TE x TC	1	30,25	30,25	3,07 NS	5,12	10,56
Bloques	3	8,25	2,75	0,28 NS	3,86	6,99
Error	9	88,75	9,86			
CV	7,72%					

\*\*= Altamente significativo.

\*= Significativo.

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

La respuesta de la prueba de Duncan al 5% a los 15 días, indica la existencia de dos rangos (A y B), agrupados en el rango A se encuentran los tratamientos EFCC, EFCF y ECF, y el rango B el tratamiento ECC. Ver cuadro 41.

**Cuadro 41.** Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para número de estacas turgentes y con coloración verde a los 15 días.

Prueba de Duncan al (5%)		
Tratamientos	Medias	Rangos
EFCC	43,5	A
EFCF	43,5	A
ECF	40,5	A
ECC	35	B

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

Los datos relacionados con el número de estacas turgentes y verdes a los 30 días registrados en el cuadro 42, indican que el tratamiento EFCF presenta el mayor número de estacas turgentes (143), mientras que el tratamiento ECC registra la menor cifra (104), la desviación típica fue de 4,50 que sugiere confiabilidad a los resultados obtenidos.

**Cuadro 42.** Número de estacas turgentes y con coloración verde a los 30 días después de su plantación.

Tratamientos		Repeticiones				Total (t)	Media (t)
		I	II	III	IV		
EF	CC	33	34	34	36	137,00	34,25
EF	CF	34	37	39	33	143,00	35,75
E	CC	28	28	23	25	104,00	26,00
E	CF	28	27	31	33	119,00	29,75
Total (b)		123,00	126,00	127,00	127,00	503,00	125,75
Media (b)		30,75	31,50	31,75	31,75	125,75	31,44
Desviación típica		4,50		Media principal			31,44

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

El cálculo estadístico de varianza contenido en el cuadro 43, indica que para las fuentes de variación: tratamientos y pre enfriado de las estacas (T.E) son altamente significativas.

**Cuadro 43.** Análisis de varianza de estacas turgentes y con coloración verde a los 30 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	303,94			5%	1%
Tratamientos	3	235,69	78,56	10,78**	3,86	6,99
T.E	1	203,06	203,06	27,88**	5,12	10,56
T.C	1	27,56	27,56	3,78 NS	5,12	10,56
TE x TC	1	5,06	5,06	0,69 NS	5,12	10,56
Bloques	3	2,69	0,90	0,12 NS	3,86	6,99
Error	9	65,56	7,28			
CV	8,60					

\*\*= Altamente significativo.

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

En la prueba de Duncan al 5% para el número de estacas turgentes y verdes, a los 30 días desde su plantación (cuadro 44), determina estadísticamente tres rangos de significación, compartiendo el rango A están los tratamientos EFCF y EFCC, en el rango B los tratamientos EFCC y ECF y en el rango C los tratamientos ECF y ECC.

**Cuadro 44.** Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para número de estacas turgentes y con coloración verde a los 30 días.

Prueba de Duncan al (5%)		
Tratamientos	Medias	Rangos
EFCF	35,75	A
EFCC	34,25	AB
ECF	29,75	BC
ECC	26	C

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

Los datos del cuadro 45, muestran 340 estacas turgentes y verdes en el ensayo a los 45 días, presentando el tratamiento EFCC el mayor promedio de estacas turgentes (24,50), mientras tanto el tratamiento ECC obtuvo la media más baja con respecto a esta variable (19,75).

**Cuadro 45.** Número de estacas turgentes y con coloración verde a los 45 días después de su plantación.

		Repeticiones						
Tratamientos		I	II	III	IV	Total (t)	Media (t)	
EF	CC	24	22	23	29	98,00	24,50	
EF	CF	26	23	23	25	97,00	24,25	
E	CC	16	17	14	19	66,00	16,50	
E	CF	22	19	21	17	79,00	19,75	
Total (b)		88,00	81,00	81,00	90,00	340,00	85,00	
Media (b)		22,00	20,25	20,25	22,50	85,00	21,25	
Desviación típica		4,01	Media principal					21,25

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

De acuerdo al ADEVA el número de estacas turgentes y verdes a los 45 días desde su plantación, las fuentes de variación tratamientos y pre enfriado de las estacas (T.E) muestran diferencias estadísticas altamente significativas, mientras que la temperatura de camas (T.C) y la interacción (TE x TC) no revelan diferencias estadísticas significativas. Ver cuadro 46.

**Cuadro 46.** Análisis de varianza de estacas turgente y con coloración verde a los 45 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	241,00			5%	1%
Tratamientos	3	177,50	59,17	11,33**	3,86	6,99
T.E	1	156,25	156,25	29,92**	5,12	10,56
T.C	1	9,00	9,00	1,72 NS	5,12	10,56
TE x TC	1	12,25	12,25	2,35 NS	5,12	10,56
Bloques	3	16,50	5,50	1,05 NS	3,86	6,99
Error	9	47,00	5,22			
CV	10,75					

\*\*= Altamente significativo.

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

Realizada la prueba de Duncan al 5% para el número de estacas turgentes y verdes a los 45 días, se exponen dos rangos de significación, el rango A con mayor promedio pertenece a los tratamientos EFCC y EFCF; mientras que los tratamientos ECF y ECC comparten el rango B porque exhiben menor promedio. Ver cuadro 47.

**Cuadro 47.** Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para número de estacas turgentes y con coloración verde a los 45 días.

Prueba de Duncan al (5%)		
Tratamientos	Medias	Rangos
EFCC	24,5	A
EFCF	24,25	A
ECF	19,75	B
ECC	16,5	B

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

Los datos del cuadro 48 exponen el número de estacas turgentes y verdes a los 60 días del ensayo, en donde se observa una disminución en un 71% con respecto a la fecha anterior; también el material vegetal sometido al proceso de enfriamiento presenta el mayor número de estacas turgentes y verdes.

**Cuadro 48.** Número de estacas turgentes y con coloración verde a los 60 días después de su plantación.

Tratamientos		Repeticiones				Total (t)	Media (t)
		I	II	III	IV		
EF	CC	19	19	18	16	72,00	18,00
EF	CF	17	16	18	16	67,00	16,75
E	CC	13	11	14	12	50,00	12,50
E	CF	9	7	10	13	39,00	9,75
Total (b)		58,00	53,00	60,00	57,00	228,00	57,00
Media (b)		14,50	13,25	15,00	14,25	57,00	14,25
Desviación típica		3,71	Media principal				14,25

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

En referencia al análisis de varianza para el número de estacas turgentes y verdes a los 60 días, se considera que existen diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos y pre enfriado de las estacas (T.E), mientras temperatura de camas (T.C) muestra una diferencia estadísticamente significativa, por ser ligeramente superior al F requerido al 5%, mientras que la interacción (TE x TC) y los bloques no exhiben significancia. Ver cuadro 49.

**Cuadro 49.** Análisis de varianza de estacas turgentes y con coloración verde a los 60 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	207,00			5%	1%
Tratamientos	3	174,50	58,17	20,13**	3,86	6,99
T.E	1	156,25	156,25	54,09**	5,12	10,56
T.C	1	16,00	16,00	5,54*	5,12	10,56
TE x TC	1	2,25	2,25	0,78 NS	5,12	10,56
Bloques	3	6,50	2,17	0,75 NS	3,86	6,99
Error	9	26,00	2,89			
CV	11,92					

\*\*= Altamente significativo.

\*= Significativo.

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

De la información contenida en el cuadro 50, relacionada con la prueba de Duncan al 5% a los 60 días, los tratamientos EFCC y EFCF presentaron el valor más alto para el número de estacas turgentes y verdes ocupando el rango A, de lo que se deduce que estos tratamientos son estadísticamente iguales, los tratamientos ECC y ECF pertenecen al rango B por poseer los menores promedios de estacas turgentes.

**Cuadro 50.** Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para número de estacas turgentes y con coloración verde a los 60 días.

Prueba de Duncan al (5%)		
Tratamientos	Medias	Rangos
EFCC	18	A
EFCF	16,75	A
ECC	12,5	B
ECF	9,75	B

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

Los datos tomados a los 75 días luego de plantadas las estacas (cuadro 51), expresan una disminución del 96,66% de las 800 estacas utilizadas en el experimento, es decir, un 3,34% estacas turgentes y verdes (26,73). El tratamiento ECF tuvo mayor número de estacas turgentes (7,44), en tanto que el tratamiento que presentó la menor cifra en esta variable fue EFCF con un total de 5,78.

**Cuadro 51.** Número de estacas turgentes y con coloración verde a los 75 días después de su plantación (datos transformados a la  $\sqrt{x+0,5}$ ).

		Repeticiones						
Tratamientos		I	II	III	IV	Total (t)	Media (t)	
EF	CC	2,12	1,87	1,22	1,22	6,43	1,61	
EF	CF	1,22	2,12	1,22	1,22	5,78	1,45	
E	CC	1,22	2,12	1,87	1,87	7,08	1,77	
E	CF	1,87	1,58	2,12	1,87	7,44	1,86	
Total (b)		6,43	7,69	6,43	6,18	26,73	6,68	
Media (b)		1,61	1,92	1,61	1,55	6,68	1,67	
Desviación típica		0,39	Media principal					1,67

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

El ADEVA que constan en el cuadro 52, deduce que las fuentes de variación tratamientos, pre enfriado de las estacas como temperatura de camas (T.E) y (T.C) y la interacción (TE x TC) demuestran la no existencia de diferencias estadísticas significativas, indicando que el número de estacas turgentes y verdes a los 75 días son totalmente independientes a los parámetros en estudio, por tal razón no se realiza la prueba de Duncan.

**Cuadro 52.** Análisis de varianza de estacas turgentes y con coloración verde a los 75 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	2,23			5%	1%
Tratamientos	3	0,40	0,13	0,81NS	3,86	6,99
T.E	1	0,33	0,33	2,03 NS	5,12	10,56
T.C	1	0,01	0,01	0,03 NS	5,12	10,56
TE x TC	1	0,06	0,06	0,39 NS	5,12	10,56
Bloques	3	0,35	0,12	0,71NS	3,86	6,99
Error	9	1,48	0,16			
CV	23,95					

**NS= No significativo.**

**T.E= Temperatura de estacas.**

**T.C= Temperatura de camas.**

La información contenida en el cuadro 53, indica que existen únicamente 16,73 estacas turgentes y verdes de las 800 utilizadas en el experimento, representando el 2,09%.

**Cuadro 53.** Número de estacas turgentes y con coloración verde a los 90 días después de su plantación (datos transformados a la  $\sqrt{x+0,5}$ ).

		Repeticiones						
Tratamientos		I	II	III	IV	Total (t)	Media (t)	
EF	CC	0,7	0,7	0,7	0,7	2,80	0,70	
EF	CF	0,7	0,7	0,7	0,7	2,80	0,70	
E	CC	1,22	1,58	1,22	1,22	5,24	1,31	
E	CF	1,22	1,22	1,87	1,58	5,89	1,47	
Total (b)		3,84	4,20	4,49	4,20	16,73	4,18	
Media (b)		0,96	1,05	1,12	1,05	4,18	1,05	
Desviación típica		0,40	Media principal					1,05

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

Los resultados del análisis de varianza a los 90 días de iniciado el ensayo, expresan diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos y pre enfriado de las estacas (T.E), mientras que para temperatura de camas (T.C), interacción y bloques no mostraron diferencias estadísticas significativas. Ver cuadro 54.

**Cuadro 54.** Análisis de varianza de estacas turgentes y con coloración verde a los 90 días.

FV	GL	SC	CM	FC	FR	
Total	15	2,36			5%	1%
Tratamientos	3	1,96	0,65	17,27**	3,86	6,99
T.E	1	1,91	1,91	50,42**	5,12	10,56
T.C	1	0,03	0,03	0,70 NS	5,12	10,56
TE x TC	1	0,03	0,03	0,70 NS	5,12	10,56
Bloques	3	0,05	0,02	0,47NS	3,86	6,99
Error	9	0,34	0,04			
CV	19,04					

\*\*= Altamente significativo.

NS= No significativo.

T.E= Temperatura de estacas.

T.C= Temperatura de camas.

La aplicación de la prueba de rango múltiple de Duncan al 5%, para el número de estacas turgentes y verdes, determina dos rangos de significación: los tratamientos ECF y ECC se ubican en el rango A; y los tratamientos EFCC y EFCF comparten rango B por presentar el menor número de estacas turgentes. Ver cuadro 55.

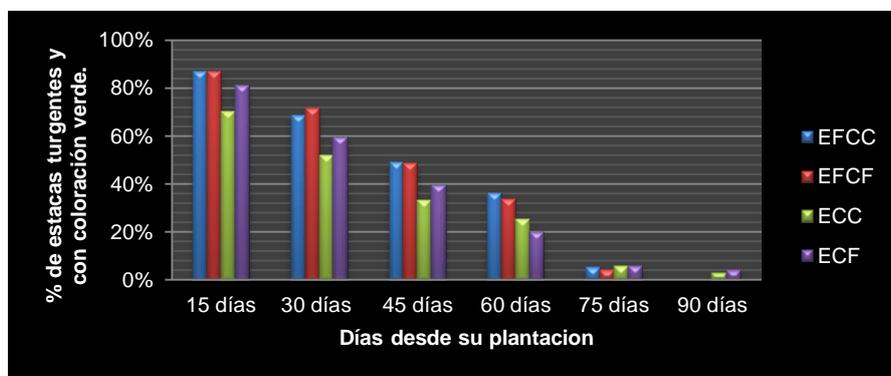
**Cuadro 55.** Prueba de Duncan al 5%. Expresado en medias y rangos para número de estacas turgentes y con coloración verde a los 90 días.

Prueba de Duncan al (5%)		
Tratamientos	Medias	Rangos
ECF	1,47	A
ECC	1,31	A
EFCC	0,7	B
EFCF	0,7	B

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

Con relación al número de estacas en estado turgencia y de coloración verde, se establece una tendencia de decrecimiento durante el periodo de investigación (figura 7), determinándose que a partir de los 90 días el 100% de estacas evaluadas murieron.



**Fig. 7.** Resultados del monitoreo quincenal del número de estacas turgentes y con coloración verde durante el ensayo.

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

## 5. DISCUSIÓN

Con la finalidad de evaluar la influencia de las variables en estudio para el enraizamiento de las estacas de Aliso, objetivo de esta investigación; se realizó adicionalmente el análisis de correlación de Pearson, que se presenta a continuación:

Los datos contenidos en el cuadro 56, determinan que existe correlación directa (0,85) entre el número de estacas turgentes y emisión de brotes por estaca.

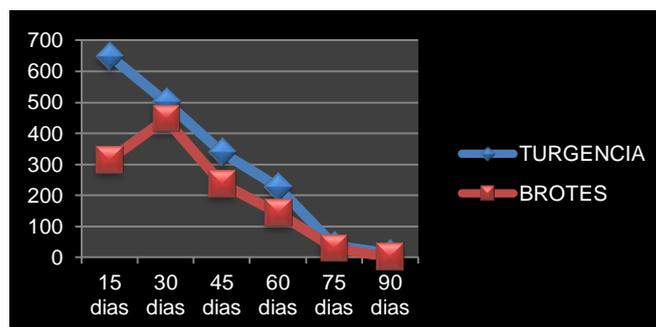
**Cuadro 56.** Correlación entre turgencia y número de estacas con brotes.

Días	Turgencia	Brotos
15 días	650	314
30 días	503	447
45 días	340	238
60 días	228	143
75 días	39	30
90 días	12	0
R <sup>2</sup>		0,85

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

La relación entre la turgencia y el número de estacas con brotes indica una correlación directa, mientras las estacas presentan turgencia se da emisión de brotes; comportamiento que se da hasta los 60 días. A partir de esta fecha prácticamente no hay emisión de brotes debido a que el 100% de las estacas de Aliso presentan plasmólisis. Ver figura 8.



**Fig. 8.** Correlación entre turgencia y número de estacas con brotes.

Fuente: Datos de campo.

Elaborado por: Cáceres, D. 2014.

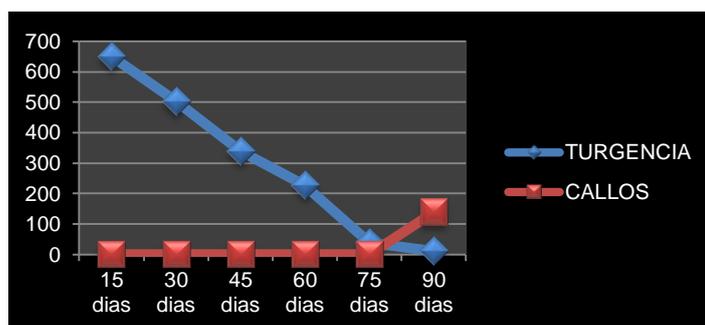
La información del cuadro 57 y la figura 9, demuestran una correlación débil (0,18) entre el número de estacas turgentes y estacas con callos, indicando que la turgencia influye mínimamente en la formación de callos en las estacas de Aliso.

**Cuadro 57.** Correlación entre turgencia y número de estacas con callos.

Días	Turgencia	Callos
15 días	650	0
30 días	503	0
45 días	340	0
60 días	228	0
75 días	39	0
90 días	12	0
90 días	0	138
R <sup>2</sup>		0,18

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fig. 9.** Correlación entre turgencia y número de estacas con callos.

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

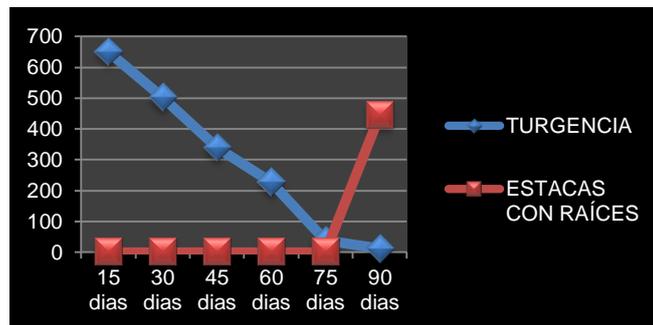
El cuadro 58 y la figura 10, exponen la existencia de una correlación débil (0,18) entre la turgencia y la emisión de raíces de las estacas, teniendo en cuenta que dependen también de otros factores como las enzimas, hormonas vegetales y nutrientes que generan condiciones favorables para la formación de raíces (61).

**Cuadro 58.** Correlación entre turgencia y número de estacas con raíces.

Días	Turgencia	Estacas con raíces
15 días	650	0
30 días	503	0
45 días	340	0
60 días	228	0
75 días	39	0
90 días	12	446
R		0,18

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fig. 10.** Correlación entre turgencia y número de estacas con raíces.

**Fuente:** Datos de campo.

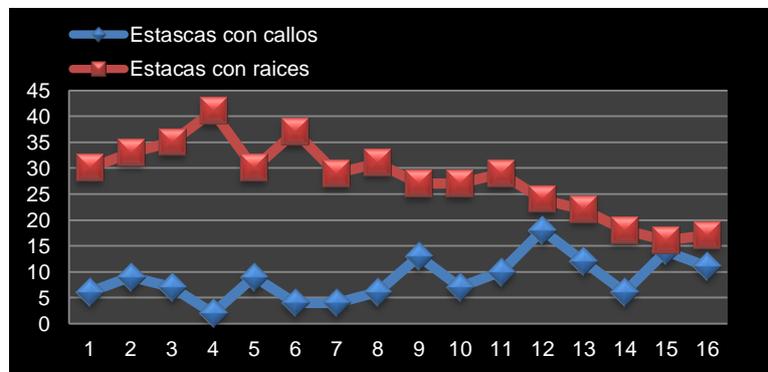
**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

El cuadro 59 y la figura 11 registran una correlación débil (0,38), entre el número de estacas con callos y número de estacas con raíces a los 90 días, debido posiblemente a que los callos formaron raíces, considerándolo como la etapa previa a la iniciación de éste proceso (42), pero al mismo tiempo esto no asegura la formación de las mismas, teniéndose en cuenta que en la mayoría de las plantas son sucesos independientes (40).

**Cuadro 59.** Correlación entre número de estacas con callos y raíces a los 90 días.

Estacas con callos	Estacas con raíces
6	30
9	33
7	35
2	41
9	30
4	37
4	29
6	31
13	27
7	27
10	29
18	24
12	22
6	18
14	16
11	17
R <sup>2</sup>	0,38

**Fuente:** Datos de campo.  
**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fig. 11.** Correlación entre número de estacas con callos y raíces a los 90 días.  
**Fuente:** Datos de campo.  
**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.

De los resultados obtenidos en la investigación se expone lo siguiente:

La turgencia y verdor de las estacas de Aliso fue decreciendo significativamente durante el experimento, a pesar de presentar brotes hasta los 60 días, en donde se establece una correlación directa entre estas variables.

Por otra parte existe una correlación débil entre la formación de callos y la emisión de raíces al finalizar el experimento (446 estacas con raíces); sin embargo, todas las estacas a los 90 días presentaron desecamiento, debido posiblemente a la toxicidad del sustrato utilizado en el experimento (aserrín de pino compostado) pese a que este sustrato se ha aplicado en la propagación de otras especies dando buenos resultados (59). A pesar que el 55,75% de estacas presentaron raíces estas se secaron posiblemente por efecto de resinas, taninos (eliminadas por compostaje) (62), por tanto, las estacas no pudieron asimilar nutrientes (52), y luego de agotar sus reservas empezaron a secarse a partir de los 60 días.

La mortalidad de las estacas se debió eventualmente a variables extrañas, consideradas como factores que intervienen en la capacidad de formar raíces como: El estado fenológico, la edad del tejido, la regulación hormonal, las condiciones de luz, temperatura de origen de la planta madre, el ambiente de la estaca y el estado nutricional de la planta donante; en este caso el área foliar de la planta madre, que influye vía fotosíntesis como una adecuada reserva nutricional de la estaca pues la iniciación de las raíces requiere de metabolitos y nutrientes (63).

## 6. CONCLUSIONES

Una vez evaluado los tratamientos estudiados de enfriamiento de las estacas y utilización de camas calientes y frías en la investigación durante los 90 días, se llegó a las siguientes conclusiones:

- La comparación entre el sustrato a temperatura ambiente y el sometido a 25°C de forma permanente en el experimento según el análisis estadístico fue significativo para el número de estacas que presentaron raíces, en los tratamientos estaca pre enfriada cama caliente (EFCC) y estaca cama caliente (ECC) con promedios de 34,75 y 26,75 estacas respectivamente; demostrándose que los tratamientos sometidos a la temperatura del sustrato (TC) superaron en 8,63% al tratamiento estaca pre enfriada cama fría (EFCE) y 32% al tratamiento estaca cama fría (ECF).
- Se determinó que enfriamiento de las estacas a 1°C durante 14 días, fue altamente significativo en número de estacas que presentaron raíces, para los tratamientos: estaca pre enfriada cama caliente (EFCC) y estaca pre enfriada cama fría (EFCE), con promedios de 34,75 y 31,75, con respecto a las estacas que no fueron enfriadas, las cuales presentaron promedio de 26,75 (ECC) y 18, 25 (ECF).
- La mortalidad del 100% de las estacas a los 90 días, se debió posiblemente a las resinas, taninos del aserrín de pino utilizado como sustrato en el experimento, puesto que estas sustancias causan la inmovilización del nitrógeno que necesitan las plantas, lo que ocasiona un aumento de las sales solubles a concentraciones fitotóxicas (64).

## 7. RECOMENDACIONES

De la investigación realizada se recomienda:

- Investigar las diferentes condiciones que se le pueda dar al sustrato (aserrín) en cuanto a temperatura, humedad y combinaciones, para obtener mejores resultados de enraizamiento y reducir la mortalidad de las estacas.
- Se recomienda la aplicación del tratamiento (T.E) temperatura de estacas (14 días de frío a 1°C) en propagación vegetativa, por su inhibición en los procesos fisiológicos de las estacas, que es el más viable para garantizar mayor número de brotes, hojas y raíces.
- Como una alternativa eficiente para un buen enraizamiento se recomienda utilizar el tratamiento (T.C) temperatura de camas (25°C) por sus buenos resultados en la formación y longitud de raíces.

## BIBLIOGRAFÍA

1. PORTILLA, Diego. Propagación vegetativa del aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) utilizando dos tipos de sustrato en la parroquia. La Esperanza. Ibarra: [s.n.], 2012.
2. ALARCÓN, Melva. La propagación vegetativa de plantas. [s.l]: [s.n.], 1996.
3. AWAD, George. Propagación vegetativa de seis especies vegetales nativas con posibilidades ornamentales. Valdivia: [s.n.], 1993.
4. SANTELICES, Rómulo. Efecto de la temperatura del sustrato sobre el arraigamiento de estacas de canelo (*Drimys winteri* J.R. et G.Forster). Talca: [s.n.], 2005.
5. GONCALVES, Fransisco, CHALFUN, Nilton, COELHO, Guilherme y ALVARENGA, Amauri. Formas de acondicionamiento a frio e sua influencia enraizamiento de estacas de figueira (*Ficus carica* L). Brasil: [s.n.], 2004.
6. LUDEÑA, Juan. Efecto de dos tratamientos pregerminativos en semillas de aliso (*Alnus acuminata*) y pino (*Pinus patula*), cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Riobamba: [s.n.], 2012.
7. MOSTACELO, Bonifacio, JUSTINIANO, Joaquín y TOLEDO, Marisol. Guía Dendrológica de Especies Forestales . Bolivia: Santa Cruz de la Sierra, 2003.
8. CUZCO, Ruth. Propagación vegetativa de aliso (*Alnus acuminata* H.B.K) y porotón (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli) utilizando tres tipos de enraizadores en la comunidad Picalqui del cantón Pedro Moncayo. Ibarra: [s.n.], 2014.
9. VÁSQUEZ, Santiago. Efecto de las auxinas IBA y ANA en el enraizamiento de estacas forestales de las especies *Alnus acuminata* y *Polylepis racemosa*. Cayambe: [s.n.], 2008.
10. MUÑOS, Elizabeth, PUPIALES, Silvia y NAVIA, Jorge. Evaluación del estado actual del nitrógeno en el arreglo silvopastoril aliso (*Alnus jorullensis* H B & K) kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.). Nariño: [s.n.], 2011.
11. SÁNCHEZ, Damián y VALVERDE, Rolando. Evaluación del proceso de multiplicación asexual de estacas de aliso (*Alnus acuminata*), utilizando cuatro sustratos y tres hormonas en el Lagucoto I, provincia Bolivar. Guaranda: [s.n.], 2006.
12. OSPINA, Carlos, HERNÁNDEZ, Raúl, GÓMEZ, Dina, GODOY, José, ARISTIZÁBAL, Fabio, PATIÑO, José y MEDINA, Jary. *Alnus acuminata* H.B.K. [en línea]. Colombia: Cenicafé, 2005 [fecha de consulta: 09/10/2014].

13. SINCHE, Mauricio y ARMIJOS, Álvaro. Distribución y propagación asexual de cuatro especies forestales nativas en vivero utilizando dos tipos de sustratos, en la hoya de Loja. Loja: [s.n.], 2013.
14. CONCHA, Oscar. Manejo en vivero de cinco especies arbóreas nativas de regeneración natural para repoblación en el bosque de Huayropungo, comunidad de Palo Blanco, provincia del Carchi. Ibarra: [s.n.], 2007.
15. PROYUNGAS. Aliso. [en línea] [Citado el: 15 de 04 de 2015.] <http://www.ambienteforestalnoa.org.ar/userfiles/especies/pdf/Alnusacuminata.pdf>.
16. PÉREZ, Micaela. *Alnus rubra*. [en línea] 03 de 12 de 2012. [Citado el: 15 de 04 de 2015.] <http://www.botanicayjardines.com/alnus-rubra/>.
17. ENCALADA, Rolando. Propagacion de Aliso. Paute, 12 de 02 de 2014.
18. CENÓZ, Pedro, BURGOS, Angela y LÓPEZ, Alfredo. La temperatura como factor de crecimiento y rendimiento de raíces en mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Argentina: [s.n.], 2005.
19. AMICO, Ivana. Vivero de Álamos. Chacabuco: [s.n.], 2009.
20. SÁNCHEZ, Leonardo, TRIANA, Jaime, CUESTA, Aurora, CONDE, Abelardo, BERNAL, Luz, BARRETO, Leunor, AMADO, Gina, CRIOLLO, Paola, CARVAJAL, Teresa y UMAÑA, Alexander. El aliso (*Alnus acuminata* H.B.K) como alternativa sivopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto Colombiano. Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, 2010. 978-958-740-028-1.
21. EL SEMILLERO. Bolsas para vivero. [en línea] [Citado el: 05 de 06 de 2015.] [elsemillero.net/nuevo/.../index.php?...id...bolsas-para-vivero](http://elsemillero.net/nuevo/.../index.php?...id...bolsas-para-vivero).
22. DÍAZ, Walter. Manejo sustentable de ecosistemas forestales de la cuenca Los Pericos. Manantiales: [s.n.], 2006.
23. IRIGOYEN, José y CRUZ, Mario. Guía técnica de semilleros y viveros forestales. El Salvador: [s.n.], 2005.
24. REÁTEGUI, Alfonso . Prospección de las plagas del "aliso" (*Alnus acuminata* H.B.K.) y la "guinda" (*Prunus serotina* Ehrh.). Lima: [s.n.], 2010.
25. ARGUEDAS, Marcela y ESPINOZA, David. Problemas fitosanitarios del jaúl (*Alnus acuminata* Kunth) . Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2007 [fecha de consulta: 06/10/2014].
26. VIVEROS TERRA FORESTAL S.A.S. Aliso. [en línea] 2006. [Citado el: 08 de 04 de 2015.] <https://terraforestalblog.files.wordpress.com/2014/11/aliso.pdf..>

27. TECNALIA NEIKER. Chancros causados por *Botryosphaeria*. [en línea] 2009. [Citado el: 12 de 04 de 2015.] [www.avisosneiker.com/.../20091021Ficha-chancro-E](http://www.avisosneiker.com/.../20091021Ficha-chancro-E).
28. ESCAMILLA, Esteban, GÓMEZ, Juan, TUXTLA, Monserrat, ESCAMILLA, Stephany, RAMOS, Julieta y PINO, José. Uso tradicional de tres especies de insectos comestibles comestibles en agroecosistemas cafetaleros del estado de Veracruz. Mérida, Yucatán, México: [s.n.], 2012.
29. ZAPATA, Carlos. Evaluación de la eficacia de los protocolos de fumugación a embarcaciones y aeronaves hacia Galápagos y entre islas. Puerto Ayora: [s.n.], 2007.
30. ECUAQUÍMICA;. Bala 55. [s.l.]: edifarm, 2014.
31. NUFARM. Cipermetrina. [en línea] 2006. [Citado el: 16 de 04 de 2015.] [www.nufarm.com/.../1/HojatecnicaCipermetrinaOK.pdf](http://www.nufarm.com/.../1/HojatecnicaCipermetrinaOK.pdf).
32. ECUAQUÍMICA. Kocide 2000. [en línea] [Citado el: 06 de 05 de 2015.] [www.ecuaquimica.com.ec/pdf\\_agricola/Kocide.pdf](http://www.ecuaquimica.com.ec/pdf_agricola/Kocide.pdf).
33. DU PONT;. Kocide 2000. [en línea] [Citado el: 08 de 04 de 2015.] [www.sag.cl/sites/default/files/kocide\\_2000\\_26-09-2014.pdf](http://www.sag.cl/sites/default/files/kocide_2000_26-09-2014.pdf).
34. AGROSIEMBRA. Caldo Bordeles. [en línea] 2014. [Citado el: 08 de 04 de 2015.] [http://www.agrosiembra.com/nc=Caldo\\_Bordeles-\\_Fytosan-35](http://www.agrosiembra.com/nc=Caldo_Bordeles-_Fytosan-35).
35. ECUAQUÍMICA. Caldo bordelés 80% pm. [en línea] 2014. [Citado el: 15 de 04 de 2015.] [www.agrosiembra.com/nc=Caldo\\_Bordeles-\\_fy](http://www.agrosiembra.com/nc=Caldo_Bordeles-_fy).
36. CRUZ, Mario. Preparación y utilización del caldo bordeles en frutales. La libertad: [ s.n.], 2004.
37. JICA. Caldo bordelés. Managua: [s.n.], 2013.
38. FLORES, Marcos. Evaluación del efecto de cinco dosis de fitohormona, tres tipos de sustrato y tres rasgos de morfotipo en el enraizamiento de estaquillas juveniles de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith (Ishpingo), en ambientes controlados. Pucallpa: [s.n.], 2010.
39. RAMOS, Marcelo. Propagación vegetativa de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. a través de estacas. Santiago: [s.n.], 2004.
40. GÁRATE, Merlin. Técnicas de propageción por estacas. Ucayali: [s.n.], 2010.
41. RODRÍGUEZ, Marcelo. Propagación de arándanos. Temuco: [ s.n.], 2003.
42. GÓMEZ, Claudia. Efecto del IAB y termoperiodo en el enraizamiento de estacas de *Taxus globosa* SCHLTDL. Hidalgo: [s.n.], 2006.

43. GUTIERREZ, Maribel. Evaluación del efecto de dos enraizadores naturales en la propagación asexual de esquejes de ligustro verde (*Ligustrum lucidum*) para la producción de plantines en Cota Cota. La Paz: [s.n.], 2013.
44. JÁCOME, Jorge. Enraizamiento de portainjertos de rosa, *Natal brier* mediante el uso de cuatro estimulantes en dos sustratos en el cantón Pedro Moncayo. Ibarra: [s.n.], 2010.
45. SERVO ENTI. Termocalentador de agua. [en línea] 2010. [Citado el: 09 de 11 de 2014.] Disponible en: <http://www.servovendi.com/es/termocalentador-calentador-de-agua-aquael-comfort-zone-25w-aqn-25.html>.
46. LUCERO, Dora. Enraizamiento de esquejes para la producción de plantas de café variedad robusta (*Coffea canephora*). Ambato: [s.n.], 2013.
47. SÁNCHEZ, Adriana, SUÁRES, Ernesto y COLMENARES, Beatriz. Efecto del ácido indolbutírico sobre el enraizamiento de acodos aéreos de guayabo (*Psidium guajava* L.) en el municipio Baralt, Venezuela. Maracaibo: [s.n.], 2009.
48. ROJAS, Salvador, GARCÍA, Jairo y ALARCÓN, Melva. Propagación asexual de plantas. Conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas. Colombia: Produmedios, 2004.
49. CARRANZA, Mercedes, CRUZ, Omar, NIETO, Enrique, SAUCEDO, Silvia, CEVALLOS, Orly, ESCOBAR, Ariel, REYES, Ximena y MORANTE, Jaime. Propagación de *Tabebuia donnell-Smithii* Rose (Guayacán blanco) utilizando hormonas de enraizamiento. Quevedo, Los Rios: [s.n.], 2012.
50. LATSAGUE, Mirtha, SÁEZ, Patricia y YÁÑEZ, Jéssica. Efecto del ácido indolbutírico en la capacidad rizogénica de estacas de *Eucryphia glutinosa*. Temuco, Chile: [s.n.], 2009.
51. LAGUNA, Rodrigo. Manual de prácticas de viveros forestales. Hidalgo: [s.n.], 2010.
52. VIFINEX. Producción de sustratos para viveros. Costa Rica: Oirisa, 2002.
53. BURÉS, Silvia. Sustratos: Propiedades físicas, químicas y biológicas. [en línea] 2002. [Citado el: 06 de 05 de 2015.] [www.horticom.com/pd/imagenes/51/742/51742.pdf](http://www.horticom.com/pd/imagenes/51/742/51742.pdf).
54. SOLIS, Rogelio. Evaluación de sustratos para la propagación de la orquídea *Dendrobium nobile* L. por medio de pseudobulbos. Vera Cruz: [s.n.], 2013.
55. AGROLITA. Características del sustrato ideal. [en línea] [Citado el: 21 de 04 de 2015.] [http://www.agrolita.com.mx/tabla\\_comparativa\\_sustratos.pdf](http://www.agrolita.com.mx/tabla_comparativa_sustratos.pdf).
56. SARMIENTO, Mónica. Alternativas de compostaje de aserrín de pino caribe (*Pinus caribaea*) en la industria maderera Refocosta. Villanueva: [s.n.], 2011.

57. FAVARO, Juan, BUYATTI, Marcela y ACOSTA, Mario. Evaluación de sustratos a base de serrín de Salicáceas (*Salix sp.*) compostados para la producción de plantones. Esperanza, Santa Fe: [s.n.], 2002.
58. FONTALVO, Jorge, CÓRDOBA, Laura y GÍL, Karina. Efecto de residuos agroforestales parcialmente biodegradados por *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) sobre el desarrollo de plántulas de tomate. Bogotá, Colombia: [s.n.], 2013 [fecha de consulta: 09/10/2014]. 0120-548X.
59. SÁNCHEZ, José, VÁZQUEZ, Rigoberto, PÉREZ, Sergio, CAPULÍN, Juan y MOHEDANO, Leopoldo. Producción de (*Cedrela odorata* L.), en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpan de Galeana, Guerrero. Mexico [en línea]: [s.n.], 2011 [fecha de consulta: 09/10/2014]. 1665-0441.
60. INSTITUTO NACIONAL de METEOROLOGÍA e HIDROLOGÍA. [www.inamhi.gob.ec](http://www.inamhi.gob.ec). [en línea] 2012. [Citado el: 09 de 10 de 2014.]
61. REVELO, Segundo. Evaluación del crecimiento inicial de aliso (*Alnus acuminata* H.B.K) en plantación sola y asociado con fréjol (*Phaseolus vulgaris*), arveja (*Pisum sativum* L.) con y sin fertilizante. Ibarra: [s.n.], 2007.
62. PATRÓN, José y PINEDA, Joel. Sustratos organicos: Elaboración, manejo y principales usos. Texcoco: [s.n.], 2010.
63. ROJAS, Salvador, GÁRCIA, Jairo y ALARCÓN, Melva. Propagación asexual de plantas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. Florencia, Caquetá: Diagramación, armada, fotomecánica, impresión y encuadernación, 2004. 958-8210-57-7.
64. FERNÁNDEZ, Mikel. Evaluación de sustratos de fibra de pino frente a sustratos convencionales en cultivo hidropónico de tomate. Pamplona: [s.n.], 2010.

# ANEXOS

## ANEXO A. Registro fotográfico

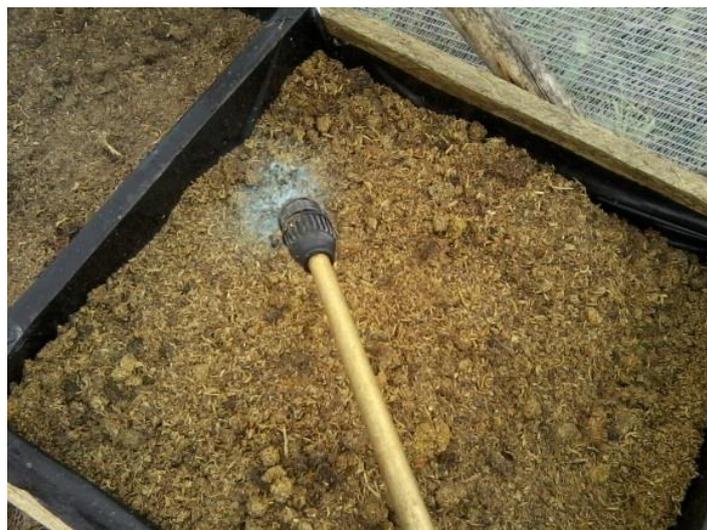
Expone una secuencia fotográfica de los procedimientos realizados desde el inicio hasta el final del ensayo.



**Fotografía 1.** Instalación de los termocalentadores.

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fotografía 2.** Desinfección del sustrato.

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fotografía 3.** Selección de árboles.

**Fuente:** Datos de campo.

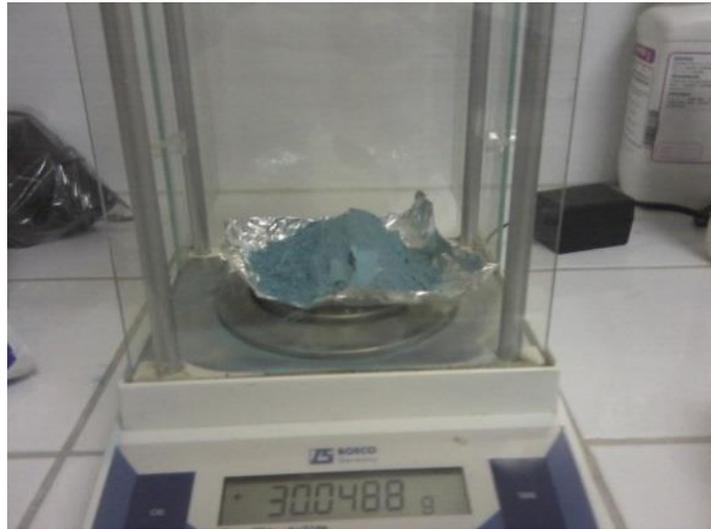
**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fotografía 4.** Preparación de las estacas.

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fotografía 5.** Preparación del caldo bordelés.

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fotografía 6.** Desinfección de las estacas.

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fotografía 7.** Preparación de la mezcla de la hormona.

**Fuente:** Datos de campo.  
**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fotografía 8.** Aplicación de la hormona a las estacas.

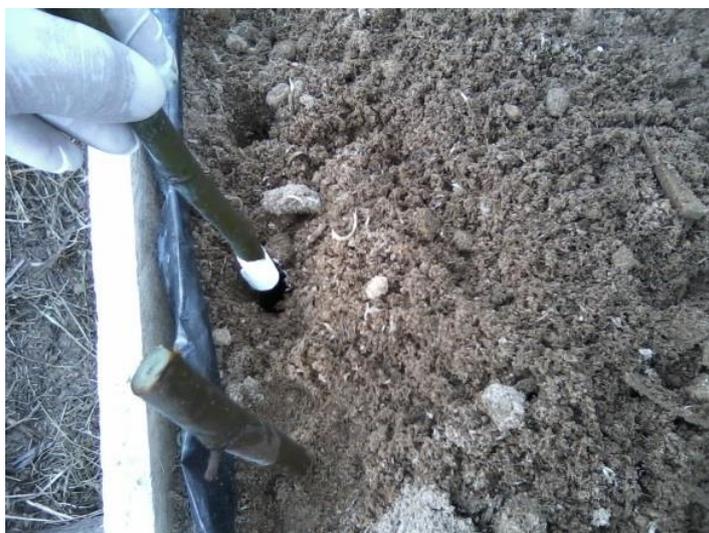
**Fuente:** Datos de campo.  
**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fotografía 9.** Pre enfriamiento de las estacas.

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fotografía 10.** Plantación de las estacas en las camas de propagación.

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fotografía 11.** Plantación completa de todos los tratamientos en las camas de propagación.

**Fuente:** Datos de campo.  
**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fotografía 12.** Estacas con brotes y hojas.

**Fuente:** Datos de campo.  
**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fotografía 13.** Estacas con callos.

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.



**Fotografía 14.** Estacas con raíces de cada tratamiento.

**Fuente:** Datos de campo.

**Elaborado por:** Cáceres, D. 2014.