

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DIVISION DE CIENCIAS FORESTALES

PROGRAMA DE POSTGRADO

✓ ESTUDIO DE ALGUNOS FACTORES QUE INFLUYEN
EN LA PROPAGACION POR ESTAQUILLAS DE
Cupressus guadalupensis S. WATS.

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES
POR

JOSE ANGEL PRIETO RUIZ



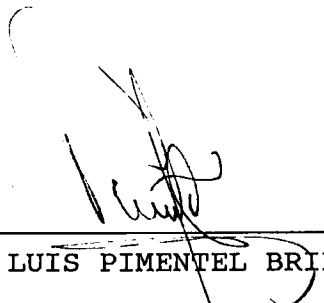
DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Chapingo, Méx., a 9 de Abril de 1992

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del Comité Asesor indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

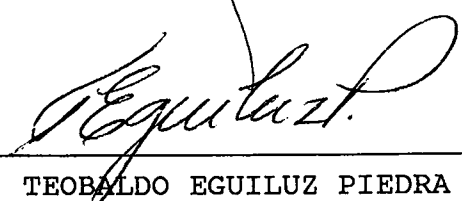
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

PRESIDENTE:



MC. LUIS PIMENTEL BRIBIESCA

ASESOR:



DR. TEOBALDO EGUILUZ PIEDRA

ASESOR:



MC. ARTEMIO CADENA MENESES

25088

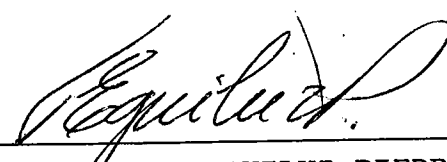
El Jurado del Examen de Grado de la Tesis de Maestría en Ciencias Forestales, estuvo constituido por:

PRESIDENTE:



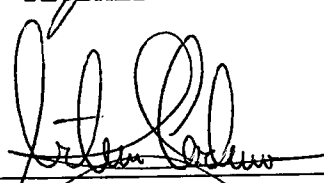
MC. LUIS PIMENTEL BRIBIESCA

ASESOR:



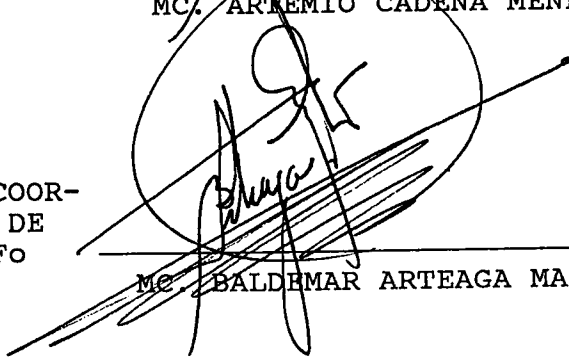
DR. TEOBALDO EGUILUZ PIEDRA

ASESOR:



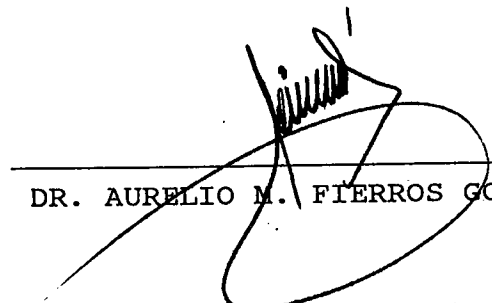
MC. ARTEMIO CADENA MENESES

REPRESENTANTE DE LA COORDINACION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO DE LA DICIfo



MC. BALDEMAR ARTEAGA MARTINEZ

REPRESENTANTE DE LA COORDINACION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO DE LA UACH



DR. AURELIO M. FIERROS GONZALEZ

Cada uno de los cuales revisaron y aprobaron la misma.

AGRADECIMIENTOS

Deseo hacer patente mi agradecimiento a las siguientes instituciones y personas por el apoyo brindado:

- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por haber financiado mis estudios, y por el apoyo que ha brindado a los programas de postgrado de la UACH.
- Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, por el apoyo económico y por las facilidades otorgadas para que fuera posible la realización de mis estudios de Maestría.
- Al Centro de Genética Forestal, A.C., por permitirme desarrollar el experimento en su vivero experimental y por apoyarme con material cuando se requirió.
- A la Escuela de Ciencias Forestales, de la Universidad Juárez del Estado de Durango, por permitir que me ausentara durante el tiempo que duraron mis estudios de Maestría.
- Al MC. Luis Pimentel Bribiesca, por su constante apoyo y acertada dirección durante el desarrollo de mi programa de estudios y el trabajo de tesis; además, por sus consejos e inagotable paciencia para atenderme en el momento que se requirió.
- Al Dr. Teobaldo Equiluz Piedra, por el interés mostrado en el desarrollo del trabajo de investigación y por todas las facilidades brindadas en el desarrollo del mismo.
- Al MC. Artemio Cadena Meneses, por aceptar formar parte del Comité Asesor y por su valiosa asesoría en el análisis estadístico de la información.
- Al MC. Baldemar Arteaga M., por sus valiosas observaciones, las cuales permitieron mejorar la presentación final de la tesis.
- Al Dr. Aurelio M. Fierros G., por la exhaustiva revisión y atinadas sugerencias efectuadas al trabajo de tesis.
- Al Dr. Luis Landois P., por su apoyo inicial en el establecimiento del experimento.
- A la Sra. Rosa Bertha Trujillo B., por su constante apoyo en las diferentes fases de toma de datos.
- Al Ing. Juan Flores y MC. Miguel Acosta M., por su valiosa cooperación en el establecimiento del experimento.
- Al MC. Mario Valdez G., por las facilidades brindadas en la fase final de mis estudios de maestría.
- Aunque no los puedo nombrar, deseo patentizar mi más sincero agradecimiento, a todas aquellas personas que hicieron posible, que este trabajo saliera adelante.

DEDICATORIA

A mis papás: José De La Luz y Felipa. Por su sacrificio constante y humildad, en bien de la familia.

A mi esposa: Rosa Bertha. Por su apoyo siempre incondicional que me ha mostrado, y por el amor que en ella he encontrado.

A mis hermanos: Flora, Elsa, Aurelia, Ma. De La Luz, Blas y Guadalupe. Esperando que encuentren su mejor forma de salir adelante.

A la familia Trujillo-Barraza. Por su amistad y aprecio que en ellos he encontrado.

A la familia Sánchez-García: Por su amistad y confianza brindada, y por su apoyo otorgado sin interés alguno.

Al Maestro Luis Pimentel Bribiesca: Por la confianza que siempre me ha tenido y por su disposición que ha mostrado, para transmitir su amplia experiencia profesional, cuando se le ha requerido.

INDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
INDICE DE CUADROS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE CUADROS DEL APENDICE.....	viii
INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE.....	x
RESUMEN.....	xi
SUMMARY.....	xii
 1. INTRODUCCION.....	 1
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
 2. REVISION DE LITERATURA.....	 4
2.1. Principales características de Cupressus guadalu- pensis S. Wats.....	 4
2.1.1. Localización.....	4
2.1.2. Algunos antecedentes sobre la disminución del recurso.....	 4
2.1.3. Lugares donde se ha plantado Cupressus guada- lupensis , fuera de su habitat natural.....	 5
2.1.4. Clima.....	5
2.1.5. Descripción del árbol.....	6
2.2. Aspectos relacionados con la propagación vegetativa por medio de estacas.....	 6
2.2.1. Factores que influyen en el enraizamiento de estacas	6
2.2.2. Origen y formación de las raíces adventicias.....	7
2.2.3. Proceso de formación e importancia del callo.....	10
2.2.4. Tipos de estacas.....	12
2.2.5. Sustancias promotoras del enraizamiento.....	15
2.2.6. Condiciones ambientales en el enraizamiento.....	21
2.2.7. Medios de enraizamiento.....	27
 3. MATERIALES Y METODOS.....	 33
3.1. Localización del experimento.....	33
3.2. Duración del ensayo.....	33
3.3. Descripción del material de colecta.....	33
3.4. Tratamientos utilizados.....	34
3.5. Descripción de los tratamientos	34
3.5.1. Condiciones ambientales.....	34
3.5.1.1. A la intemperie.....	35
3.5.1.2. En invernadero.....	35
3.5.2. Medios de enraizamiento.....	35
3.5.2.1. Arena.....	35
3.5.2.2. Tezontle.....	36

3.5.3. Enraizadores.....	36
3.5.3.1. Radix F-10000.....	36
3.5.3.2. Raizone-Plus.....	36
3.5.3.3. Sin enraizador.....	36
3.5.4. Tipos de estaquillas.....	37
3.5.4.1. Simples.....	37
3.5.4.2. Con talón.....	37
3.6. Características de las camas de enraizamiento.....	38
3.7. Colecta, preparación y características de las esta- quillas.....	39
3.8. Diseño experimental.....	39
3.9. Establecimiento del experimento.....	40
3.9.1. Preparación de las camas de enraizamiento.....	40
3.9.2. Ejecución del estacado.....	41
3.10. Riegos y cuidados.....	42
3.11. Toma de datos.....	42
3.11.1. Sobrevivencia.....	42
3.11.2. Cantidad de callo producido.....	43
3.11.3. Color del callo.....	43
3.11.4. Número de estaquillas enraizadas.....	43
3.11.5. Otra información complementaria.....	44
3.11.5.1. Aparición del callo.....	44
3.11.5.2. Condiciones ambientales predominantes y temperatura de los sustratos.....	44
3.11.5.3. Contenido de humedad de los sustratos.....	45
3.12. Análisis estadístico de la información.....	45
3.12.1. Estaquillas enraizadas.....	45
3.12.2. Color del callo.....	46
3.12.3. Cantidad de callo formado en la base de las estaquillas.....	46
3.12.4. Sobrevivencia.....	46
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	47
4.1. Tiempo de aparición del callo.....	47
4.2. Estaquillas enraizadas.....	48
4.2.1. Estaquillas enraizadas en la condición de de intemperie.....	49
4.2.2. Estaquillas enraizadas en la condición de invernadero.....	49
4.2.3. Estaquillas enraizadas en condiciones ambientales de intemperie e invernadero.....	51
4.3. Color del callo.....	54
4.4. Grosor del callo.....	55
4.4.1. Grosor del callo en la condición de intemperie.....	56
4.4.2. Grosor del callo en la condición de invernadero.....	58
4.4.3. Grosor del callo a la intemperie y en invernadero...	60
4.5. Sobrevivencia de las estaquillas.....	62
4.5.1. Sobrevivencia de las estaquillas a la intemperie....	63
4.5.1.1. Influencia de los medios enraizamiento en la sobrevivencia.....	63
4.5.1.2. Efecto de los enraizadores en la sobrevivencia..	64

4.5.1.3. Influencia del tipo de estaquillas en la sobrevivencia.....	66
4.5.1.4. Supervivencia general.....	68
4.5.2. Supervivencia de las estaquillas en invernadero.....	71
4.5.3. Supervivencia de las estaquillas comparando las condiciones ambientales de intemperie e invernadero.	74
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
5.1. Conclusiones.....	77
5.2. Recomendaciones.....	77
6. LITERATURA CITADA.....	79
7. APENDICE.....	84

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Principales características de los árboles de donde se obtuvo el material vegetativo a propagar.....	33
2 Tratamientos probados para determinar su influencia en el enraizado de estaquillas de Cupressus guadalupensis S. Wats.....	34
3 Principales características de las estaquillas que enraizaron al final del ensayo, puestas en condiciones ambientales de intemperie e invernadero.....	49
4 Prueba de medias SNK para la variable porcentaje de estaquillas enraizadas en condiciones de invernadero, al final del ensayo (20 semanas).....	50
5 Prueba de medias SNK, para la variable porcentaje de estaquillas enraizadas a la intemperie y en invernadero, a las 20 semanas de establecido el ensayo.....	52
6 Prueba de Dunnett por tratamientos, para grosor del callo en la condición ambiental de invernadero.....	59
7 Prueba de medias SNK de la sobrevivencia, debido al medio de enraizamiento, en diferentes fechas de observación.....	63
8 Prueba de medias SNK en la variable sobrevivencia, para el factor enraizador, en diferentes evaluaciones durante el ensayo.....	65
9 Prueba de medias SNK en la variable sobrevivencia, para el factor tipo de estaquilla, en diferentes mediciones....	67
10 Sobrevivencia de las estaquillas en condiciones ambientales de intemperie.....	68
11 Prueba de medias SNK para la variable sobrevivencia, a las 20 semanas de establecido el experimento, en la condición ambiental de invernadero.....	72
12 Prueba de medias SNK, en la variable sobrevivencia, a las 20 semanas de establecido el ensayo, en condiciones de intemperie e invernadero.....	74

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Características de las estaquillas simples y con talón, de <i>Cupressus guadalupensis</i> S. Wats., utilizadas para su propagación.....	38
2 Distribución de los tratamientos en las camas de enraizamiento, en las dos condiciones ambientales probadas....	40
3 Grosor del callo al final del experimento, en los diferentes tratamientos probados en la condición ambiental de intemperie.....	57
4 Grosor del callo formado, en los diferentes tratamientos probados en la condición de invernadero.....	59
5 Grosor del callo, por tratamientos, en condiciones ambientales de intemperie e invernadero, al final del ensayo.....	61
6 Sobrevivencia de las estaquillas en diferentes fechas de evaluación, en la condición ambiental de intemperie....	69
7 Sobrevivencia por tratamientos, al final del ensayo, para la condición ambiental de invernadero.....	73
8 Sobrevivencia final de las estaquillas, en las dos condiciones ambientales, a las 20 semanas de establecido el ensayo.....	75

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro	Página
1 Temperaturas mínimas y máximas del aire, de los sustratos probados y humedad relativa, para la condición ambiental de intemperie, en diferentes fechas.....	85
2 Temperaturas mínimas y máximas del aire, de los sustratos probados, así como humedad relativa para la condición ambiental de invernadero, en diferentes fechas.....	86
3 Precipitación total, por ciento de días con lluvia, promedio de temperatura máxima y promedio de humedad relativa mínima, en el período del 3 de mayo al 22 de septiembre de 1991.....	87
4 Contenido de humedad de los sustratos probados, a diferentes horas del día y en condiciones ambientales de intemperie e invernadero.....	87
5 Porcentaje de estaquillas con formación de callo, puestas en macetas de observación, en arena y tezontle, en las dos condiciones ambientales probadas.....	88
6 Análisis de varianza para el porcentaje de enraizamiento, al final del ensayo, en la condición ambiental de intemperie.....	88
7 Análisis de varianza para el porcentaje de enraizamiento, al final del ensayo (22 de septiembre), en la condición ambiental de invernadero.....	89
8 Análisis de varianza para el porcentaje de enraizamiento, al final del ensayo (a las 20 semanas del estacado), en invernadero y a la intemperie.....	89
9 Porcentajes de color del callo por tratamientos, al final del ensayo, en las condiciones de intemperie e invernadero.....	90
10 Prueba de Dunnett por tratamientos, para grosor del callo en la condición ambiental de intemperie.....	91
11 Análisis de varianza para la variable grosor del callo, en la condición ambiental de intemperie, al final del ensayo (22 de septiembre).....	91
12 Análisis de varianza para grosor del callo, al final del ensayo, en la condición ambiental de invernadero.....	92

Cuadro**Página**

13	Pruebas de correlación entre las variables sobrevivencia, grosor del callo y número de estaquillas enraizadas.....	92
14	Análisis de varianza para la variable sobrevivencia a la intemperie, al 24 de mayo, tres semanas después de establecido el ensayo.....	93
15	Análisis de varianza de la variable sobrevivencia, a la la intemperie, a las siete semanas (21 de junio) de iniciado el ensayo.....	93
16	Análisis de varianza para la variable sobrevivencia, a la intemperie, en la medición efectuada el 19 de julio (a las 11 semanas del estacado).....	94
17	Análisis de varianza para la variable sobrevivencia, a la intemperie, a las 16 semanas de establecido el experimento (23 de agosto).....	94
18	Análisis de varianza para la variable sobrevivencia, a la intemperie, al final del ensayo (22 de septiembre).....	95
19	Análisis de varianza para la sobrevivencia final, en la condición ambiental de invernadero.....	95
20	Análisis de varianza para la variable sobrevivencia, en invernadero y a la intemperie, a las 20 semanas de establecido el ensayo.....	96

INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE

Figura	Página
1 Características de la cama de enraizamiento en la condición ambiental de intemperie.....	97
2 Características de la cama de enraizamiento en la condición ambiental de invernadero.....	97
3 Diferentes niveles de producción de callo, en los tratamientos probados.....	98
4 Cantidad de callo producido en las condiciones ambientales de intemperie e invernadero.....	98
5 Características del sistema radical de algunas estaquillas enraizadas en invernadero.....	99

RESUMEN

Con la finalidad de propagar **Cupressus guadalupensis** S. Wats. por medio de estaquillas, del 3 de mayo al 22 de septiembre de 1991, se desarrolló un ensayo en el vivero experimental propiedad del Centro de Genética Forestal. A.C., donde se probaron las condiciones ambientales de intemperie e invernadero; los medios de enraizamiento arena y tezontle; los enraizadores Radix F-10000, Raizone-Plus y sin enraizador "testigo"; y los tipos de estaquillas simple y con talón.

Se encontró que la formación de callo inició aproximadamente al mes del estacado, y en las estaquillas donde no se produjo, éstas murieron tiempo después. El porcentaje de enraizamiento logrado a la intemperie fue del 0.46 % y en invernadero del 1.16 %. De los factores probados, en general, el tipo de estaquilla simple fue el más favorable, siguiéndole posteriormente el Radix F-10000 y el tezontle. La calidad del sistema radical, de las estaquillas enraizadas, fue mejor en la condición ambiental de invernadero.

Respecto al grosor del callo formado en condiciones de intemperie, éste varió de 2.53 a 4.35 mm; en cambio, en invernadero fluctuó de 4.58 a 6.90 mm. El grosor promedio del callo donde mejor enraizaron las estaquillas fue de 5.41 mm. Las estaquillas sobrevivieron mejor en invernadero (96.8 %) que a la intemperie (59.3 %).

Se concluye que la formación del callo, es una condición necesaria para la brotación de raíces adventicias; además, se encontró que de los factores probados, los más favorables en el proceso del enraizado fueron, en orden de importancia, el tipo de estaquilla simple, el enraizador Radix F-10000, el medio de enraizamiento tezontle y la condición ambiental de invernadero.

Se recomienda que se siga investigando sobre este tema, para que pueda definirse la forma de propagar adecuadamente a **C. guadalupensis**. Lo anterior, debido a que los niveles de enraizamiento fueron bajos; sin embargo, la información generada puede servir como punto de referencia para ensayos similares.

SUMMARY

This study was carried out with the purpose of achieving mass propagation of **Cupressus guadalupensis** S. Wats. It was developed from may 3 to september 22 of 1991, at the Forest Genetic Center, A.C. head quaters at Lomas de San Juan, Chapingo, Mex., The various treatments tested included: 2 enviromental conditions; greenhouse and outdoor (nursery); 2 types of cutting, simple and heel cutting; 2 rooting media, sand and "tezontle", 2 rooting hormones, Radix F-10000 and Raizone-Plus, as well as the control.

Callus formation in cuttings started one month after application of treatments. In was observed, however that all cuttings without callus formation died latter. The percentage of rooting achieved in outdoor conditions was only 0.46 %, while in the greenhouse was of 1.16 %. Simple cutting, "tezontle" and Radix F-10000 provided better results than alternative treatments. Root system of cuttings was the best under greenhouse conditions.

The thickness of the callus formed under outdoor conditions, ranged from 2.53 to 4.35 mm and from 4.58 to 6.90 mm in the greenhouse. The average thickness of the callus in those cuttings where the best rooting ocurred was of 5.41 mm. Survival of cuttings was best in the greenhouse (96.8 %) in relation to outdoor conditions (59.3 %).

Based on these results, it was concluded that callus formation is a necessary condition for adventitious rooting growth. It was also found that the various factors tested to promote the rooting process ranked as follows: simple cutting, hormone rooting Radix F-10000, "tezontle" rooting media, and greenhouse condition.

It is recommended to continue developing research on this topic, in order to define the more adequate way to propagate **C. guadalupensis**. The level of rooting achieved in the present work was low; however, the information obtained may be used as a reference point for further studies.

1. INTRODUCCION

La propagación vegetativa (asexual), permite multiplicar plantas cuando las semillas no son viables o se producen en cantidades bajas. También cuando se quieren evitar períodos juveniles prolongados, se necesita obtener uniformidad en los clones, o se desea perpetuar las características de algún genotipo (Vargas, 1982: Zobel y Talbert, 1988; Hartmann y Kester, 1990).

La propagación vegetativa puede realizarse por medio de injertos, estacas, acodos aéreos, raíces, hojas y yemas. De estas alternativas, la multiplicación por medio de injertos, estacas y acodos aéreos, son las que más se han utilizado en las especies forestales, por ser las que mejor han funcionado, constituyendo una importante herramienta de apoyo para el desarrollo de programas de mejoramiento genético forestal, encaminados a establecer huertos semilleros clonales, multiplicar individuos de alto valor genético, con la finalidad de propagarlos masivamente y plantarlos, y conservar algún genotipo valioso, de alto valor económico o en peligro de extinción.

Cupressus guadalupensis S. Wats., es una especie que tiene su área de distribución natural restringida a la isla Guadalupe, perteneciente al estado de Baja California. Tanto el renuevo como el arbolado adulto, se encuentran sometidos a una fuerte depredación por cabras y alteraciones ambientales adversas que imperan en ciertas épocas del año, como ciclones, lo que ha impedido el establecimiento de regeneración natural (Bannister, 1965; Eldridge, 1978). Es más, las bases de los troncos de los

árboles, que en su mayoría es sobremaduro, están raídos por las cabras (Pimentel, 1991)*. La presencia de esos factores adversos, ha provocado que con el paso del tiempo, la cantidad y calidad del recurso sea cada vez menor, lo que la hace una especie en peligro de extinción.

La especie **C. guadalupensis** ha mostrado tener buena adaptabilidad en suelos someros, manifestada por la buena sobrevivencia y crecimientos que presenta; además, tiene la peculiaridad de que sus características fenotípicas, la hacen estéticamente adecuada para ser utilizada como árbol ornamental, superando a muchas especies que se utilizan para tal fin. Asimismo, puede ser importante para cortinas protectoras, ya que tiene el follaje casi desde el nivel del suelo.

Debido a la importancia que tiene **C. guadalupensis** y a las limitantes que existen para obtener germoplasma, una alternativa para reproducirlo es a través de la propagación vegetativa, por medio del uso de estaquillas, material disponible en abundancia en los árboles que se han plantado en el área de Chapingo. Por ello, en este estudio se probaron varios factores con la finalidad de determinar su influencia en el proceso de enraizado, para que en el futuro se consideren las condiciones más adecuadas para su multiplicación.

* Comunicación personal.

1.1. Objetivos

Estudiar el efecto de algunos factores, en la propagación vegetativa de **C. guadalupensis** S. Wats., con la finalidad de:

- Determinar la relación existente entre la producción de callo, y la brotación de raíces adventicias.
- Comparar el efecto de dos condiciones ambientales y dos tipos de estaquillas, simple y con talón, en la formación de callo, producción de raíces y sobrevivencia.
- Observar la influencia del Radix F-10000 y el Raizone-Plus, como sustancias enraizadoras; y de los sustratos arena de río y tezontle, como medios de enraizamiento.

1.2. Hipótesis

- La emisión de raíces en **C. guadalupensis** depende de la condición ambiental en que se propaguen, del tipo de estaquillas que se utilicen, de las sustancias enraizadores aplicadas y de los medio de enraizamiento empleados.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Principales características de *Cupressus guadalupensis* S. Wats.

2.1.1. **Localización.** Se encuentra distribuido en forma natural solamente en isla Guadalupe, B.C. (Martínez, 1963; Dallimore y Jackson, 1966; Ouden y Boom, 1978). Dicha isla se encuentra ubicada en el Océano Pacífico, a 250 km de Ensenada, entre los 28° 50' y 29° 10' de latitud norte, y los 118° 13' y 118° 22' de longitud oeste. Tiene 35 km de longitud y unos 12 km de ancho (Eldridge, 1978; Rico, 1983). La distribución de la especie en estudio, está localizada en la parte central de la isla, entre un rango de altura de 1150 y 1300 msnm (Rico, 1983).

2.1.2. **Algunos antecedentes sobre la disminución del recurso.** El deterioro paulatino de *C. guadalupensis*, se evidencia con la información que aporta Bannister, al reportar que en 1965 dicha especie ocupaba aproximadamente 770 hectáreas; observándose cientos de árboles dañados por cabras y muchos otros muertos. En este aspecto también coincide Eldridge (1978), al reconocer la pobre condición del arbolado, y señalar la carencia de regeneración. Por su parte, Rico (1983), cuantificó, a través del uso de fotografías aéreas, el área que ocupaba *C. guadalupensis* en 1979, y encontró que sólo existían cerca de 222 hectáreas; lo anterior indica que en 14 años se han perdido 548 hectáreas.

2.1.3. Lugares donde se ha plantado *C. guadalupensis*, fuera de su habitat natural. Se tiene conocimiento que fue llevado a Europa en 1880 (Dallimore y Jackson, 1966; Ouden y Boom, 1978), desafortunadamente, se carece de información en relación a los resultados obtenidos. Otro lugar donde se ha probado, es en el área de influencia de Chapingo, México; en esta región se han plantado cerca de 450 árboles y tienen cerca de siete años de edad, esperándose resultados muy prometedores, dado el buen éxito que se ha obtenido hasta la fecha (Pimentel, 1991)*. Finalmente, otro lugar donde se ha establecido esta especie es en Tecate, B.C., pero, los niveles de sobrevivencia y desarrollo de las plantas, han sido poco satisfactorios (Difusión Cultural, 1983).

2.1.4. Clima. La precipitación media anual de isla Guadalupe es de 150 mm, y se distribuye en los meses de noviembre a marzo. Estos datos son de la parte sur de la isla, la cual es notoriamente más seca. Además, en los árboles se presenta un goteo de sombra, provocado por el paso de las nubes, permaneciendo húmeda la zona de la proyección de las copas de los árboles. Esto hace que la humedad relativa, generalmente sea superior al 80 % (Pimentel, 1991)*. Por otro lado, la temperatura media anual es de 18°C, existiendo variaciones más drásticas en alturas superiores a los 900 msnm, ya que en verano se han llegado a registrar temperaturas máximas de hasta 40°C, mientras que en invierno han disminuido hasta 0°C (Eldridge, 1978; Rico, 1983).

* Comunicación personal.

2.1.5. Descripción del árbol. Arbol de 12 a 15 m de altura (Martínez, 1963; Ouden y Boom, 1978); con diámetro normal entre 0.60 y 1.20 m. La corteza de los árboles jóvenes es lisa, de color rojizo, algo grisáceo, que se exfolia en capas rasgadas longitudinalmente. La copa es redondeada; las ramas son ascendentes y las ramillas delgadas y glaucas, con aparentes estrangulaciones (Martínez, 1963).

El follaje presenta algunas variaciones en el color, ya que en algunos ejemplares se observa verde intenso, mientras que en otros se aprecia glauco. También, a veces, el follaje es denso y en ocasiones, es escaso o ralo (Martínez, 1963).

2.2. Aspectos relacionados con la propagación vegetativa por medio de estacas

2.2.1. Factores que influyen en el enraizamiento de estacas.

Los factores relacionados con el proceso de formación de raíces adventicias en las estacas, varían mucho entre especies y, a veces, entre individuos de una misma especie; por lo que, para lograr que enraícen adecuadamente, deben considerarse una serie de elementos, los cuales pueden dividirse en dos grupos (Rauter, 1983).

El primer grupo se refiere a los aspectos que influyen en el enraizado, debido las condiciones intrínsecas del material vegetativo a utilizar, como: estado de madurez de las plantas, época de colecta, posición en la copa del material vegetativo a propagar, niveles de nutrientes y carbohidratos (Mott, 1977; Libby,

1983; Macdonald, 1986) y cantidad de estimuladores endógenos (Haissig, 1982). El otro grupo se relaciona con los factores que influyen en el enraizado a partir de que se seleccionan las estacas, tales como: manejo del material a multiplicar, polaridad, tipo y características de las estacas, lesionado al tejido durante la preparación de las estacas (Macdonald, 1986), condiciones ambientales, enraizadores y medios de enraizamiento, entre otros (Rauter, 1982; Libby, 1983).

2.2.2. Origen y formación de las raíces adventicias. Las raíces adventicias son aquellas que se generan de células meristemáticas del parénquima; aunque a veces se forman de otros tejidos, como los radios vasculares, el cambium, el floema, las lenticelas y la médula, presentes en ramas, hojas, raíces, etc. Lo anterior implica que las raíces tienen un origen independiente al embrión (Haissig, 1974; Hartmann y Kester, 1990); sin embargo, la ocurrencia de dicho proceso requiere de un estado fisiológico adecuado de las células (Haissig, 1974).

Las raíces adventicias pueden tener dos orígenes: uno es cuando el primordio de raíz se forma durante la ontogenia normal de las plantas; a este tipo de raíces se les conoce como preformadas; la ventaja de este origen es que el material vegetativo puede enraizar fácilmente, una vez que las estacas son separadas de la planta madre y se ponen en condiciones adecuadas, tal como sucede en *Salix* spp. y *Populus* spp. (Haissig, 1974; Wrigth, 1976; Weaver, 1989). En las plantas que contienen primordios preformados, puede inducirse también la formación de primordios no

preformados durante su propagación (Davis y Haissig, 1990).

El otro origen de las raíces adventicias, es cuando se tiene que inducir su formación, una vez que la parte vegetativa ha sido separada de la planta madre. En este caso, no existe preformación del primordio durante el desarrollo normal de las plantas; por ello, en estacas de plantas de este tipo, es más difícil propiciar la brotación de raíces (Haissig, 1974; Hartmann y Kester, 1990).

El conocimiento de la fisiología, durante la fase de formación de raíces las adventicias, es un aspecto que ha recibido poca atención, debido, tal vez, a que es un proceso complejo y al cual generalmente se le ha dado importancia a partir de que se aprecian visualmente los primordios de raíces adventicias (Haissig, 1970b).

Existen evidencias de que el enraizamiento depende, en gran medida, de la capacidad de metabolismo que tengan las estacas para oxidar las auxinas, antes de que inicie el primordio (Haissig, 1986); pero, dicho proceso depende, de la cantidad de auxinas que existan en las yemas y hojas jóvenes en crecimiento; de estas partes de las plantas, las yemas son el lugar donde más se concentran las auxinas (Haissig, 1974; Davis y Haissig, 1990), y de ahí son translocadas a la base de las estacas, a través del xilema (Nienstaedt et al., 1958). Se presume que los niveles endógenos de auxinas, aumentan considerablemente durante la iniciación del primordio (Haissig, 1986).

Se ha demostrado que existen estimuladores endógenos (auxinas y no auxinas), que promueven el inicio de la formación de las raíces adventicias durante el proceso de enraizado, y que son difíciles de sustituir con la aplicación de ácido indolbutírico (AIB) o algún otro enraizador; tal caso se encontró en estacas de *Pinus banksiana* (Haissig, 1982). Situación similar, también se observó en *Salix fragilis*, al quitarles a las estacas el ápice del tallo, hojas y yemas axilares. La razón de este comportamiento, se debe a la posible influencia de las auxinas en la iniciación de los primordios, más que en el desarrollo posterior de las raíces, al actuar directamente sobre las células (Haissig, 1970a).

Los iniciales de raíces son grupos pequeños de células meristemáticas, que al dividirse forman grupos compuestos de muchas células pequeñas, que se desarrollan y originan nuevos primordios de raíces reconocibles (Haissig, 1974); esta división celular continúa hasta que se crea una estructura de puntas de raíces, donde crece un sistema vascular, que se conecta con el haz vascular adyacente. La punta de las raíces crece hacia el exterior, a través de la corteza y la epidermis, surgiendo del tallo (Weaver, 1989).

El tiempo que tardan en formarse las raíces es muy variable, y fluctúa desde dos semanas, en especies de fácil enraizamiento, hasta 12 semanas, en las de difícil enraizamiento (Wright, 1976); aunque, según Hartmann y Kester (1990), las estacas de especies siempre verdes de hoja angosta, son lentas para enraizar y llegan a tardar desde varios meses hasta un año.

2.2.3. **Proceso de formación e importancia del callo.** El callo es una masa irregular de células de parénquima, en diferentes estados de lignificación, que contienen aceites, taninos y otras sustancias, originado de células jóvenes localizadas en la base de las estacas, cerca de la región del cambium y, a veces, también de células de la corteza y de la médula (Montain, Haissig y Curtis, 1983a; Hartmann y Kester, 1990).

Es común que la aparición de las raíces adventicias ocurra después de que se ha formado el callo, lo cual ha llevado a creer que existe una dependencia estrecha entre ambos procesos (Hartmann y Kester, 1990); sin embargo, existe controversia al respecto, ya que por un lado, Wright (1976) señala que no existe relación alguna, y aduce que la ocurrencia de dichos procesos se puede dar al mismo tiempo, ya que las necesidades para la aparición de ambas estructuras son similares, y requieren de las mismas condiciones internas y ambientales. En cambio, autores como Haissig (1974), indican que en estacas de plantas leñosas, especialmente en aquellas difíciles de enraizar, es importante que se preste atención al tejido calloso que se forma, puesto que parece ser que ahí existe la mayor parte de las células con potencial a formar raíces. Otra función importante, que probablemente cumple el callo, es la absorción de agua (Wright, 1976).

También, llama la atención lo observado en estacas obtenidas de plántulas de *Pinus banksiana*, donde se encontró que en el callo existía tejido diferenciado de cambium vascular, xilema secundario, peridermis y canales resiníferos, conformando una masa compleja de tejidos (Montain, Haissig y Curtis 1983a; 1983b).

La formación de callo puede favorecerse con la aplicación de sustancias promotoras del enraizamiento, tal como sucedió en **Populus robusta**, donde el AIB y el ácido naftalenacético (ANA), influyeron en la cantidad de callo formado, apreciándose mayor cantidad de callo cuando dichas sustancias se aplicaron en la parte apical de las estacas; también, el empleo de los ácidos triodo-benzoico y carbálico, tuvieron efectos positivos en la formación de callo (Nanda, Kumar y Kochhar, 1974). El ácido indolacético (AIA) es una sustancia que se ha utilizado en especies forestales para promover la formación de callo. Asimismo, el ANA es otra auxina que se ha empleado con la misma finalidad, tanto para gimnospermas como para angiospermas (Zaerr y Mapes, 1982).

Al estudiar el proceso de formación de callo en **Pseudotsuga menziesii**, se encontró que el color del callo formado al inicio es blanco, tendiendo a tornarse café conforme transcurre el tiempo; también, los primordios de raíz emergieron generalmente a través del callo en la base de las estacas. En las estacas donde no hubo emisión de raíces, se observó que no existieron cambios entre los 75 y 155 días, después de iniciado el ensayo. Otro aspecto apreciado, fue que existió menor cantidad de callo en las estacas que emitieron raíces (Heaman y Owens, 1972).

Se ha encontrado que la producción de callo en cantidades excesivas es nocivo al proceso de enraizado, ya que las células de las paredes externas, del tejido parenquimatoso indiferenciado, impiden que las raíces salgan desde el tejido del tallo. Las causas que pueden propiciar la formación de callo en abundancia, pueden deberse a exceso de aereación en el medio de enrai-

zamiento, selección incorrecta de las estacas, estacado en un período inadecuado, aplicación de enraizadores en baja concentración y, existencia de altas temperaturas en el medio de enraizamiento (Macdonald, 1986).

2.2.4. Tipos de estacas. En este tema, es común encontrar en la literatura el empleo de los términos **estacas y estaquillas**, referidos como las partes a ser propagadas, observándose que a las estacas se las relaciona con material obtenido de ramas de crecimientos anteriores, con diámetros alrededor o superiores a 1.0 cm, donde a la parte apical se le quita la punta y la mayoría del follaje; además, su tamaño generalmente varía de 15 a 60 cm; es común que la obtención de estacas se realice de latifoliadas. Por otro lado, cuando se habla de estaquillas, se considera al material obtenido de ramillas con diámetros menores a 1.0 cm, que conservan su follaje original en la parte apical, y que tienen un tamaño menor a los 18 cm. Brumm y Buchards (1976), señalan que generalmente se utilizan como estaquillas brotes crecidos en el mismo año, que tienen en la base, en ocasiones, una pequeña parte de madera vieja. El uso de estaquillas es común en las coníferas.

Existen diversos tipos de estacas, y de ellas, las de tallo son las que más se han utilizado, al ser las que mejor han funcionado (Rauter, 1982). La selección del tipo de estacas depende, en gran parte, de la especie, de la longitud de los brotes, de la distancia entre nudos del material a propagar, de las facilidades de propagación disponibles, del número de estacas reque-

ridas y de las características del medio de enraizamiento (Niens-taedt et al., 1958; Macdonald, 1986).

A continuación se hace una breve descripción de las principales características, de los diferentes tipos de estacas que pueden utilizarse para su propagación:

Estaca simple o nodal. La estaca simple se refiere a los brotes jóvenes que son cortados justo abajo del nudo, por lo que también se les conoce como estacas nodales; en muchos casos se llegan a utilizar brotes nuevos, caracterizados porque apenas van a emitir una yema nueva (Mahlstede y Haber, 1957; Macdonald, 1986; Hartmann y Kester, 1990). El tamaño de este tipo de estacas, varía en las coníferas entre los 10.0 y 17.5 cm (Macdonald, 1986). Por otro lado, el tipo de corte que se hace a la base de las estacas, oblicuo u horizontal, no ha tenido influencia en la emisión de raíces (Wright, 1976).

El empleo de estacas simples es muy común, y ha dado buenos resultados en la mayoría de los casos; esto se puede demostrar con la multiplicación exitosa que se ha realizado en plantas de los géneros *Juniperus*, *Thuja* y *Chamaecyparis* (Macdonald, 1986).

Estaca basal. La característica principal de este grupo, es que la base de las estacas está firmemente lignificada, sin que ello implique que hayan completado la fase de maduración de la madera. La experiencia ha demostrado que muchas plantas de madera blanda funcionan mejor bajo esta técnica (Macdonald, 1986).

Estaca internodal. El empleo de estacas internodales se puede realizar en especies que son fáciles de enraizar, que tienen entrenudos muy cortos y poseen una gran cantidad de hojas; el corte puede hacerse en cualquier lugar, debido a la dificultad que implica localizar el nudo (Macdonald, 1986).

Estaca con nudo sencillo. La estaca con nudo sencillo consiste en un brote, joven o tierno, que tiene una o dos yemas y hojas, el cual está unido a una sección de tallo (de madera vieja, producto del crecimiento del año anterior), de tamaño similar al brote. La sección del tallo se entierra en el medio de enraizamiento. Es importante que las yemas axilares se conserven vivas (Macdonald, 1986).

Estaca de mazo. Este tipo de estaca tiene características semejantes a la estaca con nudo sencillo, y consiste en un brote reciente, que está unido a una pequeña sección de tallo de madera formada en el crecimiento anterior, que es la parte que se entierra en el medio de enraizamiento (Mahlstede y Haber, 1957; Hartmann y Kester, 1990). Este tipo de estacas se ha utilizado para enraizar especies de *Juniperus* spp., aunque tiene la desventaja de que es un proceso tardado, lo que ha provocado que sean poco utilizadas (Mahlstede y Haber, 1957).

Estaca con doble nudo. En la estaca con nudo doble, el corte se hace justo abajo del nudo, en lugar de hacerlo en los entrenudos, cada estaca puede tener un par de yemas opuestas (Macdonald, 1986).

Estaca con talón. Las estacas con talón tienen en la parte basal una pequeña porción de madera vieja, originada del crecimiento del período anterior, como producto del rasgado de la ramilla (Mahlstede y Haber, 1957; Macdonald, 1986; Hartmann y Kester, 1990). Este tipo de estaca es muy utilizada en arbustos siempre verdes y en coníferas, particularmente en aquellas especies que producen gran cantidad de brotes laterales a lo largo del tallo, como puede ser *Taxus* spp., *Picea* spp. y *Chamaecyparis* spp. (Macdonald, 1986).

Después de tres años de propagar estacas con talón y simples en *Platanus x acerifolia*, se encontró que las estacas con talón resultaron ser mejores, al lograrse entre el 60 y 80 % de enraizamiento; en cambio, en las estacas simples dicho porcentaje fluctuó entre el 20 y 50 %. Un inconveniente que tienen las estacas con talón, es que sólo se puede obtener una por brote; en cambio, de las simples se pueden cortar hasta tres (Benea y Cristescu, 1974).

2.2.5. Sustancias promotoras del enraizamiento. Las auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido absícico y etileno, son sustancias reguladoras del crecimiento, que existen en forma natural en las plantas, y que pueden emplearse para promover la formación de raíces adventicias en partes vegetativas como raíces, hojas, yemas y ramas; de esas sustancias, las auxinas han sido las más eficientes, y por lo tanto, son las que más se han utilizado (Hartmann y Kester, 1990).

Es conveniente señalar que cuando se habla de enraizadores, es común que se manejen indistintamente los términos "Hormonas vegetales" y "Sustancias reguladores del crecimiento", a pesar de que tienen significados específicos, según Hartmann y Kester (1990):

Hormonas vegetales. "Son compuestos orgánicos, distintos de los nutrientes producidos por las plantas, y que en bajas concentraciones regulan los procesos fisiológicos vegetales".

Sustancias reguladoras del crecimiento. "Son compuestos sintéticos u hormonas vegetales que modifican procesos fisiológicos de las plantas. Regulan el crecimiento imitando a las hormonas, influyendo en la síntesis, destrucción, translocación y, posiblemente, modificando los sitios de acción de las hormonas".

La finalidad que se persigue con la aplicación de enraizadores a la base de las estacas, es promover el inicio de la formación de raíces, incrementar el número y calidad de las mismas y, en general, aumentar el porcentaje de enraizamiento (Wrigth, 1976; Macdonald, 1986; Hartmann y Kester, 1990).

Existen diversas experiencias en el uso de promotores del enraizamiento, pero desafortunadamente no se han obtenido resultados concluyentes en relación a cuál es el mejor, sin conocer también, el nivel adecuado de concentración (Wrigth, 1976; Rauter, 1983).

La razón de esta problemática, se debe, entre otras causas, a las diferentes condiciones experimentales en que se desarrollan

los ensayos, a la variación de los estados fisiológicos de las estacas y a la falta de entendimiento de algunos procesos químicos y físicos que ocurren en las plantas (Haissig, 1974; Rauter, 1983); por ello, se ha preferido emplear una mezcla de sustancias estimuladoras del enraizamiento, ya que han dado mejores resultados (Wright, 1976; Hartmann y Kester, 1990), al lograrse un mayor porcentaje de enraizamiento y una mejor calidad del sistema radical (Weaver, 1989).

Sin embargo, a pesar de lo señalado anteriormente, el AIB y el ANA son de los compuestos que han permitido obtener resultados satisfactorios, además de ser los más estables; de ellos, el AIB es probablemente el mejor, al carecer de toxicidad para las plantas en un amplio rango de concentraciones (Zaerr y Mapes, 1982; Hartmann y Kester, 1990), otra cualidad importante es el poco desplazamiento que tiene, lo que permite que se retenga en mayor cantidad en el lugar de aplicación (Weaver, 1989); además, el AIB es eficaz en una gran variedad de especies, lo que hace que sea el más utilizado en preparaciones comerciales (Macdonald, 1986).

En cambio, el ANA tiene el inconveniente de que es algo tóxico, por lo que su aplicación en concentraciones excesivas puede ser perjudicial, ya que puede provocar necrosis en la base de las estacas (Weaver, 1989). Este enraizador es una buena alternativa después del AIB (Macdonald, 1986).

Por otro lado, el AIA es menos estable que el AIB y el ANA, por lo que dura menos tiempo activo; además, se descompone

rápídamamente en soluciones no esterilizadas, funciona mal en condiciones de luz natural, al ser sensible a la misma, y es atacado por microorganismos (Macdonald, 1986; Hartmann y Kester, 1990).

Los niveles de concentración aplicables, de sustancias reguladoras del crecimiento, están en función de la facilidad de enraizamiento de las especies, por lo que en aquellas difíciles de lograrlo, la concentración debe ser mayor (Hartmann y Kester, 1990); aunque, generalmente se ha tendido a utilizar altas concentraciones, debido a que se han obtenido resultados más consistentes, lo cual no necesariamente implica que sea mejor (Kormanik y Brown, 1974).

Para el caso particular del AIB, Macdonald (1986), propone que se utilice en las siguientes concentraciones, de acuerdo a las características de las plantas a multiplicar:

500-1000 ppm. Para especies de madera blanda y plantas fáciles de enraizar, de madera semidura y madera dura, tanto perennifolias como caducifolias.

2000-2500 ppm. Se debe utilizar en especies de enraizamiento moderado, de madera semidura y madera dura perennifolias y caducifolias.

5000-7000 ppm. Este rango es recomendable para especies difíciles de enraizar, de madera semidura, de madera dura siempre verdes y deciduas.

Kormanik y Brown (1974), señalan que los niveles de concentración de AIB, para la mayoría de las especies, varía entre el

0.3 y el 0.8 %.

La literatura señala que al aplicar AIB y AIA en diferentes concentraciones, a estacas de *Acer saccharum* y *A. rubrum*, el AIB resultó ser mejor para ambas especies, utilizando concentraciones de 50 mg/l y 20 mg/l, respectivamente. El tiempo de inmersión más favorable fue de tres horas (Snow, 1941). Anteriormente, Afanasiev (1939), había encontrado la misma respuesta para *A. rubrum*, sólo que el tiempo de aplicación más adecuado fue de 24 horas.

En *Pseudotsuga taxifolia* y *Picea sitchensis* se probó AIB, AIA y ANA, con resultados más favorables para el AIB, en concentraciones de 50 ppm en *Pseudotsuga taxifolia* y de 25 ppm para la otra especie; el tiempo de inmersión en la solución fue de 24 horas (Griffith, 1940). Por otro lado, en *P. menziesii* se probó el efecto de varias auxinas en el enraizamiento de estacas, resultando mejor el AIB en solución líquida a una concentración de 100 ppm y al 0.8 % en polvo, mezclado con talco (Brix, 1974).

En *Robinia pseudoacacia* se probaron soluciones de AIB, AIA, ANA, ácido naftilpropiónico y ácido fenilacético, con la finalidad de saber cuál promovía mejor el enraizamiento de estacas. Los resultados obtenidos permitieron concluir que el AIA y el ANA, a un nivel de concentración de 100 mg/l, fueron los mejores, teniendo inmersas las estacas en las soluciones durante 24 horas (Stuotmeyer, Jester y O'Rourke, 1940).

Al utilizar diferentes niveles de concentración y de inmersión en AIB, en varias especies, con la finalidad de determinar

el grado de enraizamiento de estacas, se encontró que los resultados más favorables para cada especie fueron los siguientes: **Betula populifolia** con 50 mg/l, inmersas seis horas; **B. papyrifera** concentrado a 20 mg/l y puestas en la solución 24 horas, y **Populus alba** x **P. nivea** con 20 mg/l, durante 12 horas (Afanasiev, 1939).

También, se probó AIB en diferentes concentraciones y fechas en **Pinus strobus**. Las mejores respuestas fueron: junio con un 60 % de enraizamiento, al aplicar 1000 ppm; mayo con un 50 % de enraizamiento, al poner 1000 ppm; y en abril se logró un 42 % de enraizamiento, al utilizar 8000 ppm. La variación de las concentraciones, a través del año, pueden explicarse por la fluctuación de los niveles endógenos de hormonas presentes en las yemas (Kiang, Rogers y Pike, 1974).

Por su parte, Greenwood et al. (1980), probaron en **P. taeda** y **P. elliottii** el producto Hare's en polvo y AIB al 1 %, encontrando que el Hare's promovió aceptablemente la formación de raíces en ambas especies, mientras que el AIB fue solamente efectivo en **P. elliottii**, especie que respondió favorablemente en ambos enraizadores.

Al probar el efecto de AIB, al 0.5 y 1.0 %, en la formación de raíces adventicias en estacas de **Salix babilonica**, se encontró que a pesar de que esta especie es fácil de propagar por estacas, el AIB, al 1.0 %, fue el enraizador más favorable para este ensayo (Jasso, 1985).

En **X Cupressocyparis leylandii**, se encontró que, entre otras consideraciones a tomar en cuenta, para lograr que estacas de este híbrido formen raíces adventicias, es necesario aplicar AIB a una concentración de 3000 ppm (Hartmann y Kester, 1990). En cambio, Macdonald (1986) recomienda utilizar AIB, para esa especie, en un rango de concentración de 2000 a 2500 ppm.

En diferentes ensayos realizados con **Pinus elliottii**, se encontró que cuando las sustancias promotoras del enraizamiento se utilizaron solas, la producción de raíces no mejoró; en cambio, se apreciaron resultados más favorables cuando dichas sustancias se emplearon mezcladas con vitaminas y azúcar (Mergen, 1955).

La aplicación de promotores del enraizamiento no siempre da los resultados esperados. Existe un caso en **Picea abies**, donde las estacas tuvieron mayor porcentaje de prendimiento cuando no se les puso, que aplicándoles AIB durante 24 horas, en concentraciones que variaron de 2.5 a 100 mg/l (Deuber y Farrar, 1940).

2.2.6. Condiciones ambientales en el enraizamiento. Las condiciones ambientales como humedad relativa, temperatura del aire, temperatura y contenido de humedad de los sustratos, deben ser considerados cuando se propaga material vegetativo, puesto que son factores que influyen en el proceso de formación de raíces; por lo que, deben ser manejados adecuadamente.

Para favorecer el enraizado de las estacas, es deseable que en la base de las mismas exista una baja evaporación y que la

pérdida de agua en los tejidos sea mínima, para que las células estén turgentes cuando se inicia la formación de los primordios de raíces adventicias (Haissig, 1987).

Para lograr mantener altos niveles de humedad en el ambiente, es necesario utilizar sistemas automáticos de aplicación de agua (riego por nebulización), los cuales son regulados por medio de temperatura o tiempo, a través del uso de termostatos (Fowler, 1984). Este sistema puede funcionar eficientemente en invernaderos y cámaras de crecimiento, y tiene como cualidad que permite la existencia de una película uniforme de agua sobre las estaquillas, lo que ayuda a que se nutran constantemente de agua, y puedan, incluso, enraizar a pleno sol (Brumm y Buchards, 1976); en cambio, cuando las camas están a la intemperie, el contenido de humedad es menor y es difícil regularlo (Wright, 1976).

Al mantener altos contenidos de humedad relativa en el ambiente, se favorecen las condiciones para lograr un adecuado enraizamiento (Fowler, 1984), al reducir el estrés causado por la transpiración; sin embargo, la existencia de humedad en exceso, combinada con temperaturas altas, puede propiciar la creación de un medio favorable para el desarrollo de enfermedades (Rauter, 1982; 1983).

Por otro lado, la relación agua-oxígeno en el medio de enraizamiento, es un factor importante que puede influir en la formación de raíces adventicias, ya que si la cantidad de oxígeno es baja, se incrementa el metabolismo anaeróbico, situación poco recomendable, al limitar el proceso de enraizado (Rauter, 1982;

Haissig, 1986).

Son varios los casos, donde se ha probado el efecto que tienen las condiciones ambientales en la brotación de raíces y calidad de las mismas al emplear estacas. Así, por ejemplo, en **Pinus elliottii** se pusieron estacas en dos ambientes, encontrándose que las condiciones de invernadero fueron mejores, al lograrse porcentajes de enraizamiento entre el 19 y 63 %, mientras que a la intemperie, dichos porcentajes variaron del 4 al 47 %. Las diferencias encontradas, pudieron deberse a que en invernadero la temperatura fue más alta y las horas-luz se aumentaron a 18, lo que permitió que las estacas estuvieran mayor tiempo activas y más succulentas; en cambio, a la intemperie las condiciones fueron más desfavorables, lo que provocó mayor estrés y lignificación en las estacas, estado inconveniente para el enraizado (Bower y Van Buijtenen, 1977).

Por otro lado, cuando se comparó el grado de enraizamiento de **P. thunbergiana** y **P. echinata**, al utilizar una cámara de crecimiento y un invernadero, se encontraron mejores resultados en la cámara de crecimiento, al lograrse un 57 % de enraizamiento para ambas especies, porcentaje muy superior a los obtenidos en invernadero, los cuales fueron del 12 % para **P. thunbergiana** y del 3 % para la otra especie; en este caso, el espaciamiento, la temperatura, los nutrientes y las horas luz, fueron similares. Sin duda, la cámara de crecimiento permitió que la combinación de factores ambientales favoreciera la fotosíntesis y, en consecuencia, se lograra un mejor metabolismo; además de evitar la desecación y el decaimiento de las estacas (Hare, 1974).

Se ha encontrado que una opción para lograr el enraizamiento eficiente de estacas de *P. taeda* y *P. elliottii*, requiere del uso de una cámara de crecimiento dentro de un invernadero, ya que permite crear condiciones ambientales óptimas, recomendándose utilizar plástico de polivinil claro, en lugar de polietileno, por ser más transparente y más impermeable al bióxido de carbono. Otro elemento importante a considerar es la temperatura, la cual debe ser de preferencia de 22°C en los meses más fríos y de 32°C en verano; asimismo, se recomienda que los riegos se apliquen por medio de nebulización, debiendo funcionar el sistema 24 segundos cada 6 minutos (Van Buijtenen et al., 1975).

En *P. taeda*, se observó que la cantidad de agua esparcida en las estacas tuvo influencia en el enraizamiento, encontrándose que el régimen de 0.05 a 0.1 mm/h fue el mejor en relación a otros niveles probados, al lograr que el 60 % de las estacas emitieran raíces, porcentaje superior al resto de los tratamientos. También, se observó que el 75 % de la variación existente se debió a la humedad, ya que cuando se aplicó en exceso inhibió la formación de raíces (Greenwood et al., 1980).

La situación anterior se debe, según Lee y Tukey (1971), citados por Greenwood et al. (1980), a que la concentración de los promotores endógenos del enraizamiento, pudieron ser afectados por la gran cantidad de humedad. Sin embargo, en otros ensayos se ha visto que altos niveles de humedad han permitido obtener buenos resultados (Greenwood et al., 1980), tal como lo confirman Nienstaedt et al. (1958), al señalar que es preferible

mantener altos niveles de humedad alrededor de la base de las estacas, debido a que si la humedad es escasa, puede inhibirse la formación de raíces.

También, otro factor importante que debe considerarse en el enraizado es la temperatura, la cual debe ser adecuada alrededor de la base de las estacas para que promueva el metabolismo, ya que si es demasiado alta (arriba de 35°C), puede reducir la disponibilidad de oxígeno; asimismo, si la temperatura en el ambiente es baja, hay una menor pérdida de agua y el crecimiento de los brotes es lento, condición favorable para el enraizamiento; en cambio, si ocurre un crecimiento rápido en los brotes, existe competencia por nutrientes y hormonas, elementos necesarios para el proceso de brotación de las raíces (Haissig, 1987).

Por su parte, Nienstaedt et al. (1958), recomiendan que la temperatura del medio de enraizamiento sea igual al promedio de la temperatura del aire durante el período de crecimiento de las plantas en el verano. Asimismo, es conveniente evitar que existan bajas temperaturas, puesto que las auxinas tienden a ser poco activas en esas condiciones. Girouard (1974), señala que para lograr una emisión favorable de raíces, la temperatura del aire debe mantenerse entre 10 y 12°C, cuidando que en el medio de enraizamiento no sea menor a los 13°C.

Por su parte, Kormanik y Brown (1974), también hacen incapié en que la temperatura del medio de enraizamiento más adecuada, debe estar entre los 20 y 28°C; bajo estas condiciones, es fácil lograr que las estacas emitan raíces si esta actividad se hace en

invernadero y con riego por nebulización, mientras que en camas abiertas, esa condición solo puede lograrse de 4 a 6 horas cada día. Si la temperatura es demasiado alta, aumenta la tasa de transpiración y la respiración, lo cual ocasiona que las reservas alimenticias se consuman más rápidamente (Hartmann y Kester, 1990).

En **Pseudotsuga menziesii**, se ha visto que la existencia de aire frío en el ambiente, combinado con un medio de enraizamiento caliente, es benéfico para el enraizado de estacas en otoño (Brix, 1974). En **Pinus elliottii** se logró crear un ambiente favorable para el enraizado de estacas, mediante la aplicación periódica de agua por medio de nebulización. Otro aspecto positivo fue el uso de camas sombreadas, ya que cuando las estacas estuvieron expuestas a la incidencia directa de los rayos solares, la sobrevivencia disminuyó notablemente (Mergen, 1955).

En **Larix laricina** se pusieron a enraizar estacas, en diferentes condiciones ambientales en invernadero. La primera alternativa consistió en poner las estacas en una cama abierta y con riego por nebulización; otra opción fue utilizar una cámara de crecimiento cerrada, forrada con plástico transparente y con riego por nebulización y, finalmente, la tercera condición consistió en usar también una cámara de crecimiento, sólo que el riego se hizo cada 24 horas con regadera de poro fino. Los resultados obtenidos demostraron que la alternativa consistente en emplear cámara de crecimiento y riego por nebulización, fue la más eficiente, al obtenerse un 97 % de enraizamiento (Pottinger y Morgenstern, 1985).

X Cupressocyparis leylandii ha sido enraizado con éxito en las siguientes condiciones: la temperatura del ambiente debe fluctuar entre los 16 y 20°C, mientras que la del medio de enraizamiento debe ser de 20 a 24°C, debiendo reducirse a unos 18°C, una vez que las estacas han enraizado, 3 o 4 meses después, para evitar que las raíces crezcan demasiado (Aldohus, 1972); además, debe buscarse que exista un alto contenido de humedad en el ambiente (Hartmann y Kester, 1990).

Existen casos donde las estaquillas son relativamente fáciles de enraizar, y como ejemplo están los géneros **Chamaecyparis**, **Cryptomeria**, **Juniperus**, **Thuja** y **Taxus**, pero es recomendable que se utilicen invernaderos y sistemas de riego automáticos, de manera que permitan lograr un mejor control de factores ambientales, como la temperatura y la humedad relativa (Wright, 1976; Hartmann y Kester, 1990).

2.2.7. Medios de enraizamiento. Los medios de enraizamiento (sustratos), tienen la función de servir de soporte, proporcionar humedad y permitir una adecuada penetración de aire a la base de las estacas, entre otras. Dichos aspectos son importantes, puesto que influyen en el proceso de enraizamiento y en la calidad del sistema radical que se forme (Wright, 1976; Roulund, 1981; Fowler, 1984; Macdonald, 1986; Hartmann y Kester, 1990).

Existen numerosos sustratos que pueden utilizarse como medio de enraizamiento, y los criterios para seleccionarlos se basan en que cumplan las características anteriormente señaladas,

y que, además, sean fácil de obtener y tengan buena calidad, definida por un tamaño uniforme de las partículas, ausencia de impurezas y un pH entre 5.5 y 6.5 (Macdonald, 1986).

La selección del medio de enraizamiento, depende también del sistema radical deseado y de las condiciones en las que se propaguen las estacas; sin embargo, existen muchas especies que pueden enraizar en una gran variedad de medios (Nienstaedt et al., 1958; Rauter, 1983).

A continuación se señalan algunas características de los medios de enraizamiento más comunes:

Arena. Ha sido ampliamente usada, por ser barata y fácil de obtener; además se han obtenido buenos resultados (Mergen, 1955; Hartmann y Kester, 1990); sin embargo, la arena tiene el inconveniente de que posee poca capacidad de retención de la humedad, lo que demanda riegos con más frecuencia (Hartmann y Kester, 1990). Una opción para obtener mejores resultados, es mezclarla con otros sustratos, como la vermiculita, por ejemplo (Mergen, 1955).

Musgo turboso o turba esfangosa. Este medio de enraíce es el más utilizado en Norteamérica, y es la base de diferentes medios de enraizamiento, al combinarse con arena, vermiculita, perlita, corteza y aserrín, principalmente. Entre las características más sobresalientes del musgo turboso, destacan el fácil movimiento del agua, el bajo nivel de nitrógeno disponible y el pH, que varía de 3.2 a 4.5 (Macdonald, 1986).

Vermiculita. Su empleo es común. Es factible obtener mejores resultados cuando se mezcla con perlita o con musgo turboso, en partes iguales. Es poco recomendable que sea utilizada sola (Macdonald, 1986; Hartmann y Kester, 1990).

Perlita. Es ampliamente utilizada en estacas foliosas, en especial bajo condiciones de niebla, ya que tiene buenas propiedades de drenaje. Se han obtenido mejores resultados en la perlita, cuando se ha empleado mezclada, en diferentes proporciones, con musgo turboso o vermiculita (Hartmann y Kester, 1990).

Según trabajos reportados por algunos investigadores, todos estos materiales se han empleado solos o mezclados y han probado ser buenos medios de enraizamiento; por ello, a continuación se reseñan algunas experiencias de los sustratos más comúnmente utilizados para la multiplicación de estacas.

El medio de enraizamiento utilizado tiene influencia en el tipo de sistema radical a desarrollar, esto se observó en estacas de *Picea* sp., al encontrarse que el uso de arena sola produjo raíces de poca longitud, sin ramificar y con tendencia a romperse en la base de las estacas cuando se manipulaban fuertemente (Rauter, 1982). El último punto lo confirman Mahlstedt y Haber (1957), al señalar que la arena contribuye a formar raíces quebradizas, situación que no ocurre con la turba esfangosa. Por su parte, Hartmann y Kester (1990), indican que la arena propicia la producción de raíces largas, sin ramificar, gruesas y quebradizas; en cambio, si se mezcla con musgo turboso, o si se combina perlita y musgo turboso, el sistema radical se desarro-

lla bien ramificado, con raíces delgadas y flexibles.

Por otro lado, en estacas de *Pseudotsuga menziesii* se utilizó como medio de enraizamiento turba esfangosa, perlita, vermiculita y arena, combinados a diferentes niveles. Se apreció que la vermiculita y la arena fueron los sustratos con mejores resultados, al existir los mayores porcentajes de enraizamiento, en las combinaciones donde se utilizaron. También, se observó que la existencia de altos porcentajes de turba esfangosa contribuyó a formar un sistema radical fino y bastante ramificado; mientras que, conforme se incrementó la proporción de arena, el sistema radical fue largo y poco ramificado, además de ser menos flexible. Se encontró que cuando existe turba esfangosa en altas proporciones, se provoca una saturación más rápida al aplicar riegos, situación que no ocurre al utilizar perlita pura, o perlita y arena mezcladas (Copes, 1977).

La arena sola, y la combinación de perlita y musgo turboso, en partes iguales, han sido medios eficaces para el enraizamiento de plantas perenifolias de hoja angosta, de géneros como: *Taxus*, *Juniperus* y *Thuja* (Hartmann y Kester, 1990), aunque, según Girouard (1974), se ha visto que se obtienen mejores resultados si a la arena se le adiciona una tercera parte de musgo esfangoso descompuesto. En cambio, en el género *Picea* los medios de enraizamiento que se pueden emplear son varios, debiendo cuidar que exista un buen balance entre las características de los medios de enraizamiento y el agua que se proporciona a las camas (Rouland, 1981).

En **Pinus sylvestris**, el empleo de arena, combinada con turba en altas proporciones, permitió obtener los mejores niveles de sobrevivencia, en relación a otras mezclas con esos mismos sustratos, combinados en otras proporciones. La razón de los buenos resultados se debió a que existió un mejor drenaje, y con ello, se evitó el exceso de humedad en la base de las estacas (Boeijink y Van Broekhuizen, 1974).

En **Salix babilonica** se estudió la influencia de los medios de enraizamiento arena, y arena y musgo, mezclados en partes iguales, en la emisión de raíces, los resultados obtenidos indican que no existieron diferencias debido a esos sustratos; aunque, la arena tuvo una pobre capacidad de retención del agua, situación que mejoró cuando se combinó con turba (Jasso, 1985).

Para el caso de **Populus alba**, una mezcla de suelo de vivero y arena de río en partes iguales, así como arena sola, resultó ser mejor que la tierra de monte y el suelo de vivero utilizados solos. Por otro lado, en **P. *canadensis**, también la mezcla de suelo de vivero y arena de río permitió lograr óptimos resultados, siguiéndole en orden de importancia la tierra de monte y la arena de río, mezcladas en partes iguales. En cambio, en **P. balsamifera** la tierra de monte y la arena de río, combinadas en partes iguales, permitieron lograr los mejores porcentajes de enraizamiento (Hernández, 1977).

En estacas de **Pinus elliottii** se han probado varios medios de enraizamiento, y se ha demostrado que una mezcla de arena y vermiculita, en partes iguales, permite una mejor respuesta que

cuando se utiliza la arena sola; aunque, según resultados de otro experimento, con la misma especie, la vermiculita resultó ser mejor que mezclada con arena (Mergen, 1955).

En **Abies balsamea** se probó turba esfangosa, musgo, arena y vermiculita, empleándolos solos y combinados a diferentes niveles. Los resultados obtenidos indican que los medios de enraizamiento musgo solo y musgo-vermiculita, en las proporciones 3:1 y 2:1, turba esfangosa-arena, mezclada en una relación de 2:1 y turba esfangosa-vermiculita, en una proporción de 3:1 y 2:1, lograron porcentajes de enraizamiento superiores al 85 % (Girouard, 1983).

Pimentel (1991)* ha encontrado magníficos resultados al enraizar **Juniperus monosperma** (Engelm.) Srg. (ambos sexos) al usar tezontle molido y cribado, tanto en forma simple como combinado con insulex, utilizando cajones con fondo de malla galvanizada para permitir un eficiente drenaje e intercambio gaseoso. Los cajones fueron cubiertos con plástico transparente para evitar la evapotranspiración, manteniendo así una buena humedad en el sustrato.

* Comunicación personal.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del experimento

El ensayo se realizó en el vivero experimental propiedad del Centro de Genética Forestal, A.C., ubicado en Lomas de San Juan, Chapingo, México, a una altura de 2310 msnm.

3.2. Duración del ensayo

La duración del experimento fue aproximadamente de 20 semanas, siendo establecido el 3 de mayo de 1991 y finalizando, con la última medición, el 22 de septiembre del mismo año.

3.3. Descripción del material de colecta

El material vegetativo fue obtenido de tres árboles localizados en una plantación establecida en julio de 1986, a un costado de las instalaciones del Centro de Genética Forestal, A.C. (Pimentel, 1986). Las características de los árboles seleccionados se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Principales características de los árboles de donde se obtuvo el material vegetativo a propagar.

Arbol	Altura (m)	Cobertura de copa (m)	Color del follaje	Cantidad de follaje
1	5.50	2.40	verde	abundante
2	6.30	2.45	verde-grisáceo	abundante
3	3.90	2.60	verde-grisáceo	abundante

3.4. Tratamientos utilizados

Se probaron 24 tratamientos, producto de la combinación de los factores: condición ambiental, medio de enraizamiento, enraizador y tipo de estaquilla (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos probados para determinar su influencia en el enraizado de estaquillas de **Cupressus guadalupensis** S. Wats.

Trata- miento	Condición ambiental	Medio de enraizamiento	Enraizador	Tipo de estaquilla
1	Intemperie	+ arena de río	+ sin enraizador	+ simple
2	Intemperie	+ arena de río	+ sin enraizador	+ con talón
3	Intemperie	+ arena de río	+ Radix F-10000	+ simple
4	Intemperie	+ arena de río	+ Radix F-10000	+ con talón
5	Intemperie	+ arena de río	+ Raizone-Plus	+ simple
6	Intemperie	+ arena de río	+ Raizone-Plus	+ con talón
7	Intemperie	+ tezontle	+ sin enraizador	+ simple
8	Intemperie	+ tezontle	+ sin enraizador	+ con talón
9	Intemperie	+ tezontle	+ Radix F-10000	+ simple
10	Intemperie	+ tezontle	+ Radix F-10000	+ con talón
11	Intemperie	+ tezontle	+ Raizone-Plus	+ simple
12	Intemperie	+ tezontle	+ Raizone-Plus	+ con talón
13	Invernadero	+ arena de río	+ sin enraizador	+ simple
14	Invernadero	+ arena de río	+ sin enraizador	+ con talón
15	Invernadero	+ arena de río	+ Radix F-10000	+ simple
16	Invernadero	+ arena de río	+ Radix F-10000	+ con talón
17	Invernadero	+ arena de río	+ Raizone-Plus	+ simple
18	Invernadero	+ arena de río	+ Raizone-Plus	+ con talón
19	Invernadero	+ tezontle	+ sin enraizador	+ simple
20	Invernadero	+ tezontle	+ sin enraizador	+ con talón
21	Invernadero	+ tezontle	+ Radix F-10000	+ simple
22	Invernadero	+ tezontle	+ Radix F-10000	+ con talón
23	Invernadero	+ tezontle	+ Raizone-Plus	+ simple
24	Invernadero	+ tezontle	+ Raizone-Plus	+ con talón

3.5. Descripción de los tratamientos

3.5.1. **Condiciones ambientales.** Dos, fueron las condiciones ambientales probadas, a la intemperie y en invernadero. Las características de las camas de enraizamiento empleadas, fueron similares en ambas condiciones (Figuras 1 y 2 del Apéndice).

3.5.1.1. A la intemperie. El ensayo se realizó bajo las condiciones ambientales naturales que imperan en el área de influencia de Lomas de San Juan, Chapingo. La única protección que tuvo la cama de enraizamiento fue una malla tipo mosquitero, color verde, con el objeto de atenuar el efecto de la incidencia de los rayos solares sobre las estaquillas, así como para protegerlas contra el granizo en la época de lluvias; dicha malla fue puesta a una altura aproximada de 30 cm.

3.5.1.2. En invernadero. El invernadero está construido en forma de túnel y cubierto con plástico transparente. Las dimensiones del mismo son: largo 30 m; ancho 7.5 m y altura de la flecha 2.8 m; aunque el área específica donde se realizó el experimento es una sección de dicho invernadero, que cuenta con un sistema de riego por nebulización, el cual permite dispersar el agua en forma de lluvia fina, y con ello atenuar el efecto de las altas temperaturas que existían durante el día. Este sistema funcionaba por medio de la activación de un termostato, cuando la temperatura en el ambiente subía a 26°C. Además, diariamente se subía el plástico en las orillas unos 50 cm, para que existiera movimiento de aire.

3.5.2. Medios de enraizamiento. Estos fueron solamente dos: arena de río y tezontle rojo.

3.5.2.1. Arena. La arena se obtuvo del río Tepetlaoxtoc, ubicado en el municipio del mismo nombre. Antes de acomodar el sustrato en las camas de enraizamiento, éste fue cribado en una

mallla de alambre con cuadros de 4 mm por lado, con la finalidad de eliminar las partículas demasiado grandes e impurezas, y para mantener uniformidad en el tamaño del material.

3.5.2.2. **Tezontle.** El tezontle utilizado fue de color rojo y se consiguió de un banco de material, localizado a un costado de la cabecera municipal de San Juan Tezoyuca; este sustrato también se cribó, empleándose la misma malla ya indicada; la razón de cribarlo fue porque la granulometría del material era muy irregular.

3.5.3. **Enraizadores.** Los enraizadores empleados, son productos que tienen una presentación comercial en polvo; el contenido de los mismos se detalla a continuación:

3.5.3.1. **Radix F-10000** (cada 100 gramos contienen): 10000 ppm de ácido Indol-3-butírico; 300 ppm de ácido Naftalenacético; y como medio de vehículo (cbp) 100 g.

3.5.3.2. **Raizone-Plus.** Alfanaftilacemátida: 1.2 g de ingrediente activo/kg (1200 ppm); ácido Indol-3-butírico: 0.6 g de ingrediente activo/kg (600 ppm); thiram (disulfuro de tetrametiltiuram): 50 g de ingrediente activo/kg; captán: 30 g de ingrediente activo/kg; y diluyentes y compuestos relacionados: 918.2 g/kg.

3.5.3.3. **Sin enraizador.** En este tratamiento, las estaquillas se pusieron a enraizar sin agregarles ningún compuesto es-

timulante. Esta condición sirvió como punto de comparación "testigo", para evaluar la respuesta de las estaquillas en relación a los tratamientos donde se aplicaron enraizadores.

3.5.4. Tipos de estaquillas. Para el caso del presente ensayo, las partes vegetativas empleadas para la propagación serán llamadas **estaquillas**, las cuales quedarán definidas como el material obtenido de ramillas con diámetros menores a 5 mm, conservando el follaje en la parte apical y cuya longitud no sobrepasa los 20 cm. Se utilizaron dos tipos de estaquillas: simples y con talón.

3.5.4.1. Simples. Las estaquillas simples se obtuvieron de la parte terminal de las ramas laterales. Las principales características que tenían, es que se les dejó el follaje de la parte apical. Asimismo, en la base de las estaquillas se les hizo un corte con un ángulo de 45°, con la finalidad de que tuvieran mayor área de exposición con el medio de enraizamiento y los enraizadores. El tamaño de las estaquillas fue aproximadamente de 15 cm de largo y de 2 mm de diámetro (Figura 1).

3.5.4.2. Con talón. Las estaquillas con talón se obtuvieron de la misma manera que las estaquillas simples, a diferencia de dejarles en su base restos de la madera de la rama donde estaba insertada (talón), como producto del rasgado al momento de seleccionarlas (Figura 1).

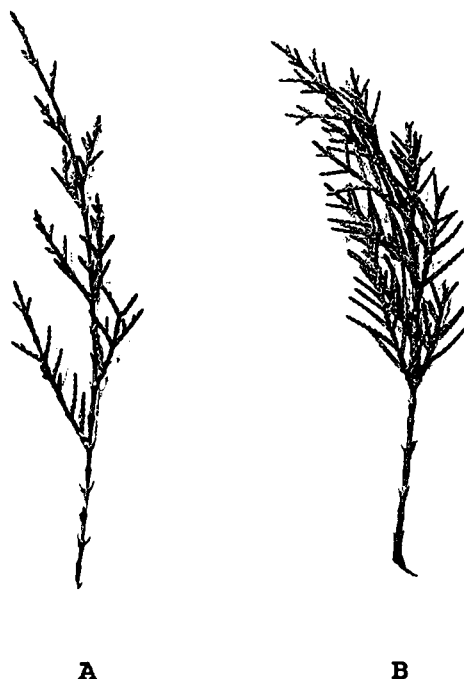


Figura 1. Características de las estaquillas simples (A) y con talón (B), de **Cupressus guadalupensis** S. Wats., utilizadas para su propagación.

3.6. Características de las camas de enraizamiento

Las camas de enraizamiento utilizadas tuvieron una longitud de 3.24 m, una anchura de 1.0 m y una altura de 0.2 m; asimismo, el fondo de las mismas quedó al mismo nivel del suelo (Figuras 1 y 2 del Apéndice).

Para hacer la delimitación de las unidades experimentales, fue necesario que se pusieran en cada cama 8 subdivisiones con madera. Cada subdivisión tuvo 1.62 m de largo y 27 cm de ancho. Para hacer las subdivisiones, la cama se dividió en dos partes, en función del largo de la misma, y cada división, a su vez, se dividió en cuatro partes, en función del ancho de la cama. Finalmente, para delimitar cada unidad experimental, a lo largo de la cama se pusieron subdivisiones con hilo cada 27 cm. Con ello,

el tamaño final de cada parcela de estudio fue de 27 cm por lado.

3.7. Colecta, preparación y características de las estaquillas

El material vegetativo propagado se cortó un día antes de ponerse a enraizar y se colectó alrededor de la copa de los árboles nodriza, entre una altura de 1.30 y 1.80 m. La forma de obtener el material experimental fue halando cuidadosamente las ramillas con las manos, de manera que se separaran en su unión con las ramas laterales, al provocarse un rasgado. Inmediatamente después las estaquillas se colocaron en una cubeta con agua, para evitar su deshidratación.

La preparación de cada estaquilla consistió en quitarles el follaje del tercio inferior (5.0 cm). Para el caso particular de las estaquillas simples, el corte basal se hizo eliminando el talón, uno o dos centímetros antes de la unión con las ramas laterales, acción que se efectuó con tijeras para podar. En cambio, en las estaquillas con talón, únicamente se cortó la punta de dicho talón debido a que en la mayoría de los casos estaba demasiado larga, lo que limitaba su colocación en los sustratos sin que se dañaran, o se cayera el enraizador.

3.8. Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar, con un arreglo factorial de $3 \times 2 \times 2 \times 2$ (Cuadro 2 y Figura 2). El número de repeticiones empleadas fue de cuatro. Cada unidad experimental constó de nueve estaquillas, lo cual totalizó 36 por tratamiento y 864 en todo el experimento.

INTEMPERIE				INVERNADERO			
11	10	6	4	13	23	15	24
7	7	2	2	15	24	13	22
9	9	4	6	17	22	14	19
10	11	1	1	16	20	17	21
12	8	3	5	18	19	18	23
8	12	5	3	14	21	16	20
9	1	11	3	22	21	17	17
12	6	7	5	24	23	16	13
7	5	9	1	23	19	15	16
10	4	8	2	19	22	14	18
8	2	12	4	21	24	18	14
11	3	10	6	20	20	13	15

Figura 2. Distribución de los tratamientos en las camas de enraizamiento, en las dos condiciones ambientales probadas.

3.9. Establecimiento del experimento.

3.9.1. Preparación de las camas de enraizamiento. Una vez que las camas de enraizamiento estuvieron listas para utilizarse, se procedió a llenarlas hasta una altura aproximada de 15 cm, colocando los sustratos de acuerdo a la distribución que les correspondió en el diseño experimental (Figura 2). Posteriormente, se procedió a nivelar los sustratos, utilizando para ello un pedazo de madera. Después se les aplicó un riego fuerte con regadera de poro fino, para que la humedad penetrara hasta el fondo y las partículas se asentaran; en la tarde, previo al estacado, se aplicó otro riego fuerte.

3.9.2. Ejecución del estacado. La primera acción realizada, antes del estacado, fue marcar los puntos donde se pondrían las estaquillas; posteriormente se hicieron perforaciones de 6.0 cm de profundidad y 0.7 cm de diámetro, las cuales se hicieron utilizando como plantador un lápiz de punta roma, al cual se le puso una señal para saber hasta dónde se tenía que enterrar. La finalidad de hacer dichos hoyos fue para evitar que se cayera el enraizador y se dañara la base de las estaquillas con la fricción de los sustratos al enterrarlas. En cada unidad experimental se pusieron tres líneas, con tres estaquillas por línea, colocadas en marco real a 6.5 cm.

Antes de poner los enraizadores en la base de las estaquillas, cuando así correspondía, éstas se sacaron del agua y se pusieron a secar en papel periódico, para evitar que el enraizador se adheriera en exceso al tener demasiada humedad; una vez que las estaquillas estuvieron secas, la base de las mismas fue sumergida unos 4 mm en el polvo enraizador, cuando se adhirió enroizador en demasía, las estaquillas fueron golpeadas levemente para que se cayera el exceso. Posteriormente, se pusieron en los orificios, apisonando el sustrato con el plantador a un lado de las estaquillas, para que el medio de enraizamiento quedara en contacto directo con las estaquillas; después se apretó levemente el sustrato con la punta de los dedos. Finalmente, cuando se terminó de estacar, se aplicó un riego fuerte con regadera de poro fino para que los sustratos se asentaran y hubiera mejor contacto con las estaquillas. La técnica empleada fue la misma que utilizó Pimentel (1971) en el trasplante anticipado.

3.10. Riegos y cuidados.

La parte del ensayo que estuvo a la intemperie fue regada diariamente, a excepción de cuando llovió, con regadera de poro fino. La cantidad de agua aplicada fue de 30 litros, lo cual equivale a una lámina de riego de 1.85 mm. Asimismo, regularmente se quitaban las malezas conforme iban apareciendo. Por otro lado, en la fase experimental de invernadero, los riegos se hicieron por medio del sistema de nebulización, el cual funcionaba en promedio 45 segundos cada cinco minutos. Lo anterior permitió que la humedad relativa en el ambiente, durante el día, generalmente fuera superior al 60 %. Debido al alto contenido de humedad que existió, hubo formación de algas sobre la superficie de los medios de enraizamiento, por lo que se tuvieron que quitar conforme aparecían. Otra actividad realizada, para ambas condiciones ambientales, fue la aplicación de Captán (2.5 g/l de agua) cada 15 días, durante los dos primeros meses, para evitar la aparición de enfermedades fungosas.

3.11. Toma de datos.

3.11.1. Sobrevivencia. La sobrevivencia de las estaquillas, en las camas de enraizamiento establecidas a la intemperie, fue evaluada mensualmente a partir de la tercera semana de iniciado el experimento, momento en el cual se detectó la evidencia de muerte de las estaquillas. En cambio, en la condición de invernadero, el registro de la sobrevivencia solamente se hizo al final del ensayo (22 de septiembre), debido a que la mortalidad fue mínima.

3.11.2. Cantidad de callo producido. Para evaluar la cantidad de callo formado, en la base de las estaquillas se realizaron dos mediciones con un vernier, con aproximación al milímetro. La primera medición correspondió a la longitud del callo y se hizo en el sentido del eje del tallo (vertical), la otra medición se efectuó en el sentido transversal del tallo (horizontal); en esta última medición el valor incluyó el diámetro de las estaquillas. Después, los valores de esas dos mediciones (vertical y horizontal), fueron promediados para obtener el valor medio del callo "grosor".

3.11.3. Color del callo. Al final del ensayo se registró el color del callo en cada estaquilla. Al callo se le asignó un valor, de acuerdo a las tonalidades que presentaba, según se observa a continuación: 1), blanquecino; 2), cafésoso; 3), negrusco; 4), blanquecino-caféso; 5), caféso-blanquecino; y 6), negrusco-blanquecino.

La definición de esos tonos fue a criterio. Cuando existía más de una tonalidad en el callo, el primer color fue asignado al que cubría más del 50 % del callo, siendo su complemento el otro color, el cual ocupaba el menor porcentaje.

3.11.4. Número de estaquillas enraizadas. Se registró, por tratamiento, el número de estaquillas que emitieron raíces, y a cada una se le midió la longitud de la raíz principal; además, se le contaron el número de raíces secundarias, se registró la cantidad de callo producido y la tonalidad de su color.

3.11.5. Otra información complementaria.

3.11.5.1. Aparición del callo. Con la finalidad de conocer los cambios que ocurrían en la base de las estaquillas, a un costado de las camas de enraizamiento se pusieron, en macetas de 14 cm de alto y 12 cm de diámetro en la parte superior, cuatro estaquillas por tratamiento, las cuales fueron revisadas semanalmente a partir de los 30 días de establecido el ensayo. El número de estaquillas bajo observación, por maceta, fue de cuatro y por condición ambiental, fue de 48.

3.11.5.2. Condiciones ambientales predominantes y temperatura de los sustratos. Con la finalidad de conocer las condiciones ambientales que imperaban a la intemperie y en invernadero, así como en las camas de enraizamiento, de cada condición, en diferentes fechas se obtuvo información sobre: temperaturas máximas y mínimas; temperatura del aire y humedad relativa al ras de la cama de enraizamiento; temperatura de la arena y el tezontle a 1.5 y 5.0 cm de profundidad (Cuadros 1 y 2 del Apéndice). En relación a la información tomada sobre las camas de enraizamiento, en general, ésta se obtuvo en las horas de mayor calor.

Por otro lado, de la estación metereológica de Chapingo, ubicada 4 km al suroeste del sitio experimental, se obtuvo información para el período que duró el experimento, sobre la precipitación total, por ciento de días con lluvia, promedio de temperaturas máximas y promedio de humedad relativa mínima (Cuadro 3 del Apéndice); esta información fue utilizada en la parte experimental de intemperie, para relacionarla con la respuesta de

las estaquillas en las variables evaluadas.

3.11.5.3. Contenido de humedad de los sustratos. Con la finalidad de conocer el contenido de humedad del tezontle y la arena, se obtuvieron muestras de dichos sustratos a las 8:00 horas (24 horas después del riego, para la condición de intemperie y 15 horas para la condición de invernadero), y a las 16:00 horas (7 horas después del riego a la intemperie, y al momento del riego en invernadero). En cada condición ambiental se obtuvieron cuatro muestras por sustrato (dos de la orilla y dos del centro), después se procedió a pesarlas en una balanza analítica y posteriormente se pusieron en una estufa de secado, durante 24 horas, a una temperatura de 105 °C, y nuevamente se volvieron a pesar para determinar su peso anhidro. Con esta información se procedió a determinar el contenido de humedad por sustrato y por hora de obtención (Cuadro 4 del Apéndice).

3.12. Análisis estadístico de la información.

3.12.1. Estaquillas enraizadas. A esta variable se le realizaron análisis de varianza, y en los casos donde existieron diferencias estadísticamente significativas, se aplicó la prueba de medias desarrollada por Student, Newman y Keuls (SNK). Debido a que los valores estaban expresados en por ciento, antes de hacer el análisis estadístico, éstos fueron transformados a arcosenos, de manera que tendieran a tener una distribución normal. La función empleada para la transformación fue: Valor transformado = $\text{Arcsen } \sqrt{\text{Porcentaje}}$. Una vez realizados los análisis estadísticos,

los resultados se presentan con los porcentajes reales.

3.12.2. Color del callo. Los valores asignados a cada tonalidad, fueron transformados a porcentajes en función de la frecuencia que tenían por tratamiento.

3.12.3. Cantidad de callo formado en la base de las estaquillas. Para determinar el comportamiento estadístico de esta variable, se efectuaron análisis de varianza y pruebas de medias de Dunnett; esta última prueba tiene la característica de que permite comparar los resultados del tratamiento de interés (control) contra los demás. La razón de haberla seleccionado, se debe a que interesa saber si el tratamiento con callo que más favoreció la emisión de raíces adventicias, es diferente del resto probado.

3.12.4. Sobrevivencia. A esta variable se le aplicaron las mismas pruebas que a la variable estaquillas enraizadas.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Tiempo de aparición del callo

Los resultados de esta variable fueron obtenidos de las estaquillas puestas en las macetas de observación, donde se aprecia que aproximadamente al mes del estacado se inició la formación del callo, tanto en la arena como en el tezontle, encontrándose que en ese tiempo transcurrido, en el tezontle ya había evidencias de la formación del callo en más del 50 % de las estaquillas, sin importar la condición ambiental. En cambio, en la arena, ese porcentaje en la condición de intemperie, era del 16.0 % y en invernadero del 33.7 % (Cuadro 5 del Apéndice).

Conforme transcurrió el tiempo, la cantidad de estaquillas con formación de callo se incrementó, y a partir de los dos meses y medio se alcanzó el nivel máximo. Los mejores porcentajes se obtuvieron en invernadero, al lograrse, en promedio, valores superiores al 90 %; en cambio, a la intemperie el porcentaje promedio fue del 75 %, cabe destacar que los porcentajes en invernadero, fueron del 100 % en tezontle y 83.3 % en arena. En cambio, a la intemperie, fueron del 83.3 % en el tezontle y del 66.7 % en la arena (Cuadro 5 del Apéndice). En los casos donde no existió formación de callo, las estaquillas murieron en el transcurso del tiempo que duró el ensayo.

Las causas de esas diferencias, en la aparición de callo, sin duda pueden deberse a las diferentes condiciones ambientales que imperaron, al existir mayor humedad y temperatura en los sustratos dentro del invernadero que a la intemperie.

Según Haissig, (1974) la importancia que tiene la formación de callo en el proceso de enraizamiento, objetivo final del estacado, es que parece ser, que en estacas de planas leñosas es una condición necesaria para la producción de raíces adventicias, en estacas de plantas leñosas, debido a que ahí se forma la mayor parte de las células que pueden diferenciarse para originarlas; además, el callo sirve como medio de absorción del agua (Wright, 1976), elemento indispensable para que las estaquillas puedan seguir desarrollando las actividades metabólicas.

Para nuestro caso, nunca se encontró que sobreviviera alguna estaquilla sin la formación de callo, y menos aún que produjera raíces sin la presencia previa del callo; por lo que se considera una condición necesaria, para la emisión de raíces en **Cupressus guadalupensis**.

4.2. Estaquillas enraizadas

Los resultados de las siete estaquillas que emitieron raíces adventicias se muestran en el Cuadro 3, donde se aprecian las principales características del sistema radical obtenido y del callo producido. El porcentaje de enraizamiento, considerando conjuntamente las dos condiciones ambientales fue, del 0.81 %; sin embargo, a pesar del bajo nivel obtenido, es importante indicar que los factores que favorecieron el enraizado, en general, también manifestaron los resultados más favorables con los obtenidos en las variables sobrevivencia y producción de callo.

Cuadro 3. Principales características de las estaquillas que enraizaron al final del ensayo, en condiciones ambientales de intemperie e invernadero.

Tratamiento	Longitud raíz principal (cm)	Raíces secundarias		Callo	
		Número	Long. (cm)	Grosor (mm)	Tonalidad
Intemperie					
3 (IARS)	6.0	11	1.0	4.0	(cafesoso-negrusco)
3 (IARS)	0.5	0	—————	3.0	„ „
Invernadero					
21 (InTRS)	9.0	11	0.5 a 2.0	8.9	„ „
21 (InTRS)	27.5	10	3.0 a 7.0	4.6	„ „
21 (InTRS)	35.0	17	2.0 a 3.0	4.4	„ „
23 (InTRaS)	32.0	23	2.0 a 3.5	6.5	„ „
22 (InTRTa)	4.5	3	1.0 a 2.0	6.5	„ „

Donde: I=Intemperie. In=Invernadero. A=Arena. T=Tezontle. R=Radix F-10000. Ra=Raizone-Plus. S=Estaquilla simple. Ta=Estaquilla con talón.

4.2.1. Estaquillas enraizadas en la condición de intemperie.

Las características de las estaquillas enraizadas en esta condición se presentan en el Cuadro 3, donde se observa que sólo dos emitieron raíces, las cuales corresponden a la combinación de factores: arena-Radix F-10000 y estaquilla simple (tratamiento 3); sin embargo, la calidad del sistema radical obtenido fue bastante pobre, puesto que las raíces principales tuvieron 6.0 y 0.5 cm de longitud (Cuadro 3). El análisis de varianza realizado, muestra la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas al nivel de $\alpha = 5 \%$ (Cuadro 6 del Apéndice).

4.2.2. Estaquillas enraizadas en la condición de invernadero.

Los resultados del número de estaquillas que enraizaron en esta condición se presentan en el Cuadro 3, donde se aprecia que sólo en tres tratamientos existieron estaquillas con brotación de raíz-

ces adventicias, lo cual equivale a un 1.16 % de enraizamiento. El análisis de varianza practicado, muestra la existencia de diferencias significativas para los factores medio de enraizamiento, enraizador, tipo de estaquilla y para las interacciones medio de enraizamiento-enraizador y medio de enraizamiento-tipo de estaquilla (Cuadro 7 del Apéndice).

Los resultados de la prueba de medias SNK, realizada por factores, indican que el tezontle, el Radix F-10000 y las estaquillas simples, fueron los elementos más favorables, al ser estadísticamente superiores al resto de los elementos probados (Cuadro 4). La conjunción de los elementos que más favorecieron la aparición de raíces adventicias se reflejaron en el tratamiento 21 (tezontle-Radix F-10000-estaquilla simple), donde existió el mayor porcentaje de enraizamiento, al tener el 8.33 %, en relación al resto de los tratamientos probados (Cuadro 3).

Cuadro 4. Prueba de medias SNK para la variable porcentaje de estaquillas enraizadas en condiciones de invernadero, al final del ensayo (20 semanas).

Factor	Condición	Enraizamiento (%)
Medio de enraizamiento	Tezontle	2.31 A
	Arena	0.00 B
Enraizador	Radix F-10000	2.77 A
	Raizone-Plus	0.69 B
	Sin enraizador	0.00 B
Tipo de estaquilla	Simple	1.85 A
	Con talón	0.46 B

NOTA: Tratamientos con letras iguales, indican que no hay diferencias significativas entre ellos al nivel de $\alpha = 5 \%$.

Asimismo, en el siguiente nivel quedaron los tratamientos 22 (tezontle-Radix F-10000 y estaquilla con talón) y 23 (tezontle-Raizone-Plus y estaquilla simple). Como se observa, en los tres tratamientos existen elementos comunes, destacando el tezontle en los tres tratamientos, el Radix F-10000 en los tratamientos 21 y 22, y la estaquilla simple en los tratamientos 21 y 23.

4.2.3. Estaquillas enraizadas en condiciones ambientales de intemperie e invernadero. En los resultados obtenidos tanto en la condición de intemperie como de invernadero, se observa que el número de estaquillas enraizadas fue muy bajo, al lograrse que sólo el 0.81 % de las estaquillas emitieran raíces.

El análisis de varianza practicado, muestra la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas para los factores condición ambiental y medio de enraizamiento. En cambio, para los factores enraizador y tipo de estaquilla, y para las interacciones condición ambiental-medio de enraizamiento, condición ambiental-medio de enraizamiento- enraizador y condición ambiental-medio de enraizamiento- tipo de estaquilla, sí se encontraron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 8 del Apéndice).

En la prueba de medias SNK, realizada por factores, se observan los porcentajes de enraizamiento obtenidos (Cuadro 5), encontrándose que sólo los factores enraizador y tipo de estaquilla mostraron diferencias. En relación a los enraizadores utilizados, el Radix F-10000 sobresale en relación al Raizone-Plus y al testigo (sin enraizador); mientras que en el tipo de

estaquillas, la simple fue la mejor.

Cuadro 5. Prueba de medias SNK para la variable porcentaje de estaquillas enraizadas a la intemperie y en invernadero, a las 20 semanas de establecido el ensayo.

Factor	Condición	Enraizamiento (%)
Condición ambiental	Invernadero	1.16 A
	Intemperie	0.46 A
Medio de enraizamiento	Tezontle	1.16 A
	Arena	0.46 A
Enraizador	Radix F-10000	2.08 A
	Raizone-Plus	0.35 B
	Sin enraizador	0.00 B
Tipo de estaquilla	Simple	1.38 A
	Con talón	0.23 B

NOTA: Tratamientos con letras iguales, indican que no hay diferencias significativas entre ellos al nivel de $\alpha = 5 \%$.

A pesar de que el factor condición ambiental no mostró diferencias estadísticas con respecto al porcentaje de enraizamiento, es indudable que en invernadero la calidad del sistema radical fue mejor que al obtenido en condiciones de intemperie; esto se evidencia por tener en invernadero más desarrolladas las raíces principales ($x = 27$ cm) y con mayor número de raíces secundarias; en cambio, a la intemperie, las raíces principales fueron menores a los 7.0 cm de longitud y la cantidad de raíces secundarias fue escasa (Cuadro 3).

Al analizar la influencia de los sustratos utilizados, se observó que éstos tuvieron diferente comportamiento en cada con-

dición ambiental, encontrándose que a la intemperie, la arena fue el único sustrato en el que enraizaron las estaquillas; mientras que en invernadero fue el tezontle. Los demás factores (enraizador y tipo de estaquilla), en general, tuvieron tendencias definidas, sin que importara la condición ambiental, sobresaliendo el Radix F-10000 y las estaquillas simples.

La razón por la cual las estaquillas simples enraizaron mejor, se atribuye básicamente a que tenían tejido más joven, y por lo tanto, estaba menos lignificado, al provenir de madera formada en el último crecimiento; lo que permitió que las células del lugar donde se hizo el corte, tuvieran mayor capacidad de diferenciación para formar raíces adventicias.

Respecto a los enraizadores aplicados, el Radix F-10000 permitió que enraizaran más estaquillas que el Raizone-Plus. Si se analiza su contenido, se observará que el primero tiene 10000 ppm de AIB y 300 ppm de ANA, mientras que el segundo sólo contiene 600 ppm de AIB y 1200 ppm de alfa-naftilacetamida (apartado 3.5.3.). Por lo anterior, se aprecia que en el Radix F-10000 existió mayor concentración del AIB, principal sustancia promotora del enraizamiento, lo que probablemente le permitió actuar mejor; en cambio, en el Raizone-Plus el nivel de concentración tal vez fue demasiado bajo, lo cual fue insuficiente para activar la formación de primordios de raíz.

Una de las causas que probablemente ocasionaron que en invernadero existiera mayor número de estaquillas enraizadas, fueron las mejores condiciones ambientales creadas, al existir

generalmente humedades relativas superiores al 60 % (Cuadro 2 del Apéndice) y contenidos de humedad en el tezontle superiores al 19.0 % (Cuadro 4 del Apéndice); aunque, un factor desfavorable fue la existencia de altas temperaturas en el ambiente y en los sustratos, en las horas de mayor calor. Esta condición es desfavorable, según Haissig (1987) y Hartmann y Kester (1990), ya que se reduce la disponibilidad de oxígeno, se incrementa la tasa de transpiración y de respiración; y en consecuencia, las reservas alimenticias se agotan más rápidamente.

Por otro lado, en la condición ambiental de intemperie la humedad relativa fluctuó mucho, y en los meses secos fue baja, mientras que las temperaturas fueron regularmente altas, provocando una mayor actividad metabólica, desbalanceando así el equilibrio hídrico (Cuadros 1 y 3 del Apéndice).

4.3. Color del callo

Los resultados del color del callo, 20 semanas después del estacado, se muestran en el Cuadro 9 del Apéndice, donde se observa que en la condición de intemperie, las tonalidades predominantes fueron la cafésosa y la blanquecina. En cambio, en invernadero la tonalidad negrusca era la que estaba en mayor proporción, en el callo de las estaquillas de los tratamientos probados.

Según lo observado en las estaquillas que estaban en las macetas de observación, la tonalidad blanquecina corresponde a callo en proceso activo de formación, mientras que el tono cafe-

roso aparece cuando está en su fase terminal de crecimiento, y finalmente se torna negrusco cuando deja de crecer.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede considerar que a la intemperie el callo era más joven y en la mayoría de los casos continuaba creciendo (tono blanquecino); en cambio, en invernadero la mayoría de las estaquillas tenían callo que había dejado de crecer.

La razón de que en invernadero el callo haya adquirido más rápido la tonalidad negrusca, puede deberse a que las condiciones ambientales creadas fueron más favorables para su pronto desarrollo. La importancia que tiene el color del callo, radica en que una vez que deja de crecer y adquiere la tonalidad negrusca, las posibilidades de que las estaquillas emitan raíces son mínimas; esto se pudo observar en el ensayo, puesto que se siguieron revisando las estaquillas posteriormente a la culminación del mismo; y a pesar de que siguieron vivas, su vigor declinó notablemente.

4.4. Grosor del callo

El grosor del callo de las estaquillas fue evaluado al final del ensayo, 20 semanas después de haber puesto a enraizar el material vegetativo.

Por otro lado, para realizar la prueba de medias de Dunnett, el tratamiento seleccionado como control, fue aquel que tuvo el valor de grosor del callo más cercano al promedio obtenido de las estaquillas enraizadas. La finalidad de dicho análisis fue para

determinar si los tratamientos que quedaron agrupados en el mismo nivel del control, tenían características comunes que los identificaran con los tratamientos que produjeron raíces.

Para el caso de la condición de intemperie, el valor promedio del grosor del callo, de las estaquillas enraizadas, fue de 3.50 mm, por lo que se utilizó como control al tratamiento 11, el cual tuvo 3.48 mm. En cambio, en invernadero, el grosor del callo de las estaquillas que emitieron raíces adventicias, fue de 6.18 mm y el valor más próximo correspondió al tratamiento 17, el cual tuvo 6.06 mm.

4.4.1. Grosor del callo en la condición de intemperie. Los resultados de esta variable se muestran en el Cuadro 10 del Apéndice, y se pueden ver gráficamente en la Figura 3, donde se aprecia que el grosor del callo producido varió entre los 2.53 y 4.35 mm. Asimismo, en el análisis de varianza practicado, se observa la existencia de diferencias estadísticas para los factores medio de enraizamiento, enraizador y tipo de estaquilla (Cuadro 11 del Apéndice).

Al realizar la prueba de medias de Dunnett por tratamientos, se encontró que todos quedaron ubicados en el mismo nivel del tratamiento 11, que sirvió como control; esto se debió a que dicho valor fue intermedio, por lo que, las máximas diferencias que existieron con respecto al control, fueron menores a 1.00 mm, y las diferencias entre el mínimo y el máximo valor, fueron de 1.82 mm (Cuadro 10 del Apéndice).

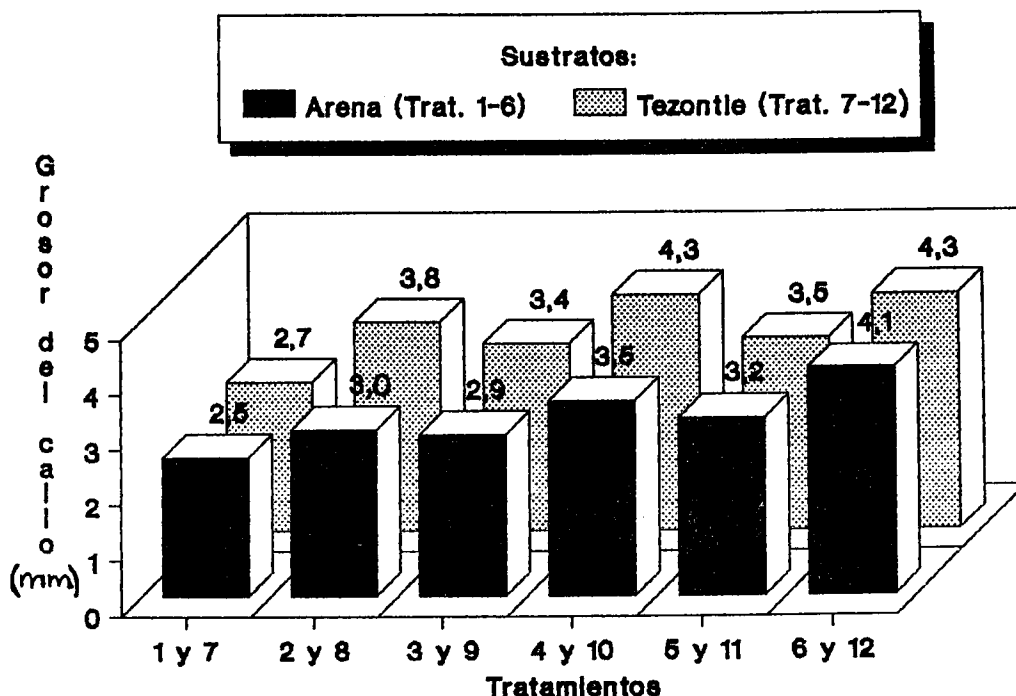


Figura 3. Grosor del callo al final del experimento, en los diferentes tratamientos probados en la condición ambiental de intemperie.

Si se trata de encontrar una respuesta, respecto a la relación que existe entre el grosor del callo de los diferentes tratamientos probados y el número de estaquillas enraizadas, se encontrará que es difícil establecer un patrón de comportamiento, puesto que en esta condición sólo enraizaron dos estaquillas, información insuficiente para poder predecir alguna tendencia.

Según los resultados del grosor del callo, los mayores valores correspondieron a los tratamientos donde se emplearon estaquillas con talón (tratamientos 4, 6, 8, 10 y 12) y se aplicó Radix F-10000 o Raizone-Plus (tratamientos 4, 6, 10 y 12); de estos enraizadores, el Raizone-Plus fue el que más influyó en la formación del callo (tratamientos 5, 6, 11 y 12), mientras que el

Radix F-10000 presentó un efecto intermedio (tratamientos 3, 4, 9 y 10). Por otro lado, la cantidad menor de callo producido ocurrió en los tratamientos con estaquillas simples (tratamientos 1, 7 y 3) y no se les puso enraizador (tratamientos 1, 2 y 7) (Cuadro 10 del Apéndice y Figura 3).

Una de las razones por las cuales existió mayor formación de callo, en las estaquillas con talón y donde se aplicaron enraizadores, fue debido a que este tipo de estaquillas tuvieron mayor área de contacto con el medio de enraizamiento y las sustancias enraizadoras, en comparación a las estaquillas simples (Figura 1).

4.4.2. Grosor del callo en la condición de invernadero. Los resultados del grosor del callo, en las estaquillas puestas a enraizar en la condición ambiental de invernadero, se observan en el Cuadro 6, y se aprecia su comportamiento en la Figura 4.

El análisis de varianza practicado, muestra la existencia de diferencias estadísticas para los factores medio de enraizamiento, enraizador, tipo de estaquilla y para la interacción de ellos (Cuadro 12 del Apéndice).

La prueba de medias de Dunnett, efectuada por tratamientos, utilizando como control al tratamiento 17, muestra que sólo el tratamiento 13 resultó con diferencias estadísticas, al tener 1.48 mm de diferencia con respecto al control (Cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba de Dunnett por tratamientos, para grosor del callo en la condición ambiental de invernadero.

Tratamientos probados	Grosor del callo (mm)		Diferencias entre medias (mm)	
	Valor del trat. comparado	Valor del control		
22 - 17	6.90	6.06	0.84	NS
24 - 17	6.77	6.06	0.71	NS
20 - 17	6.57	6.06	0.51	NS
14 - 17	6.39	6.06	0.33	NS
18 - 17	6.34	6.06	0.28	NS
23 - 17	6.31	6.06	0.25	NS
16 - 17	5.93	6.06	-0.13	NS
15 - 17	5.70	6.06	-0.37	NS
19 - 17	5.66	6.06	-0.40	NS
21 - 17	5.22	6.06	-0.84	NS
13 - 17	4.58	6.06	-1.48	**

** Significa que hay diferencias estadísticas al nivel de $\alpha = 5 \%$
 NS Significa que no existen diferencias estadísticas al nivel de $\alpha = 5 \%$.

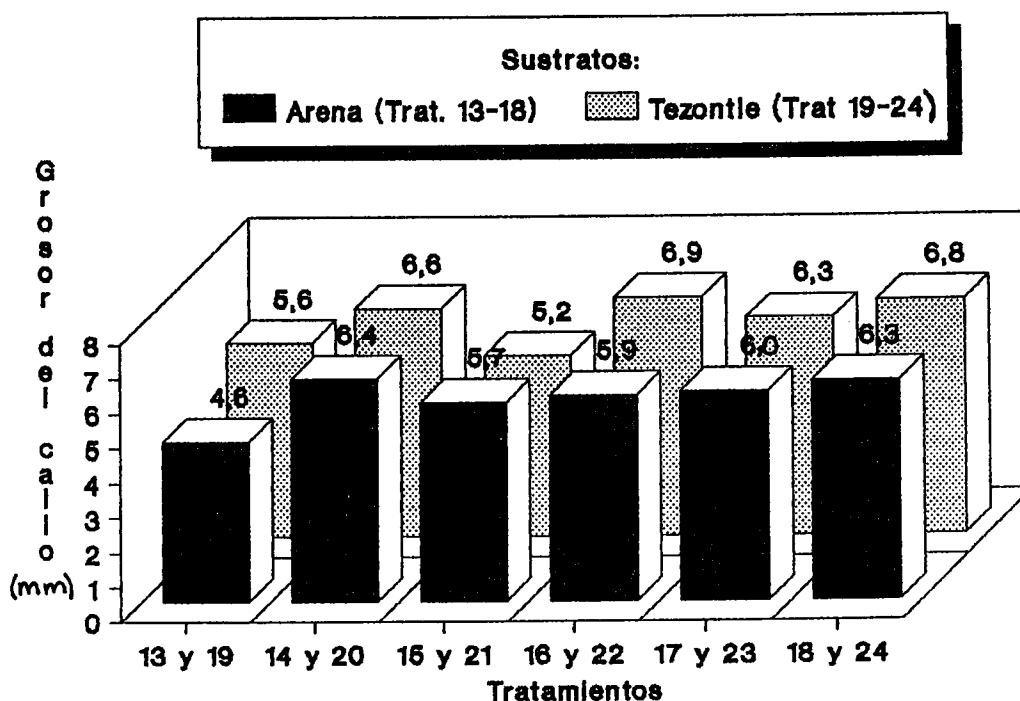


Figura 4. Grosor del callo formado, en los diferentes tratamientos probados en la condición de invernadero.

La producción de callo en invernadero, fluctuó entre los 4.58 y los 6.90 mm (Cuadro 6), esto implica una diferencia de 2.32 mm; las causas que provocaron esa variación, pueden atribuirse, principalmente, a dos elementos: uno de ellos son las estaquillas con talón, ya que en ellas se lograron los valores más altos (tratamientos con número par), correspondiendo, por lo tanto, los niveles inferiores a las estaquillas simples. Finalmente, el otro factor que influyó sobre la cantidad de callo producido fueron los enraizadores aplicados, ya que en dos de los tratamientos donde no se les puso (tratamientos 13 y 19), ocurrieron los valores más bajos (Cuadro 6 y Figura 4).

4.4.3. Grosor del callo a la intemperie y en invernadero. Con la información presentada en el Cuadro 6, en el Cuadro 10 del Apéndice y en la Figura 5, se observa que a la intemperie la cantidad de callo producido fue menor que en invernadero.

Los resultados obtenidos por condición ambiental (Figura 5), resaltan la importancia que tuvo este factor en la formación de callo, encontrándose que en invernadero fue más favorable. Sin duda, la existencia de temperaturas en la cama de enraizamiento, superiores a los 24°C, durante el día; contenidos de humedad, en los sustratos, arriba del 8 % y humedades relativas en el ambiente, mayores al 60 % (Cuadros 2 y 4 del Apéndice), fueron los elementos que más favorecieron la producción de callo en las estaquillas.

El otro factor que influyó significativamente en la formación de callo fue el tipo de estaquilla, correspondiendo los

valores más altos a las estaquillas con talón (tratamientos con número par) (Figura 5). Por otro lado, los enraizadores también influyeron en la formación de callo, sólo que su efecto fue menor; apreciándose que cuando se aplicó Raizone-Plus, el grosor del callo fue mayor. Finalmente, el medio de enraizamiento fue el factor que tuvo el menor efecto.

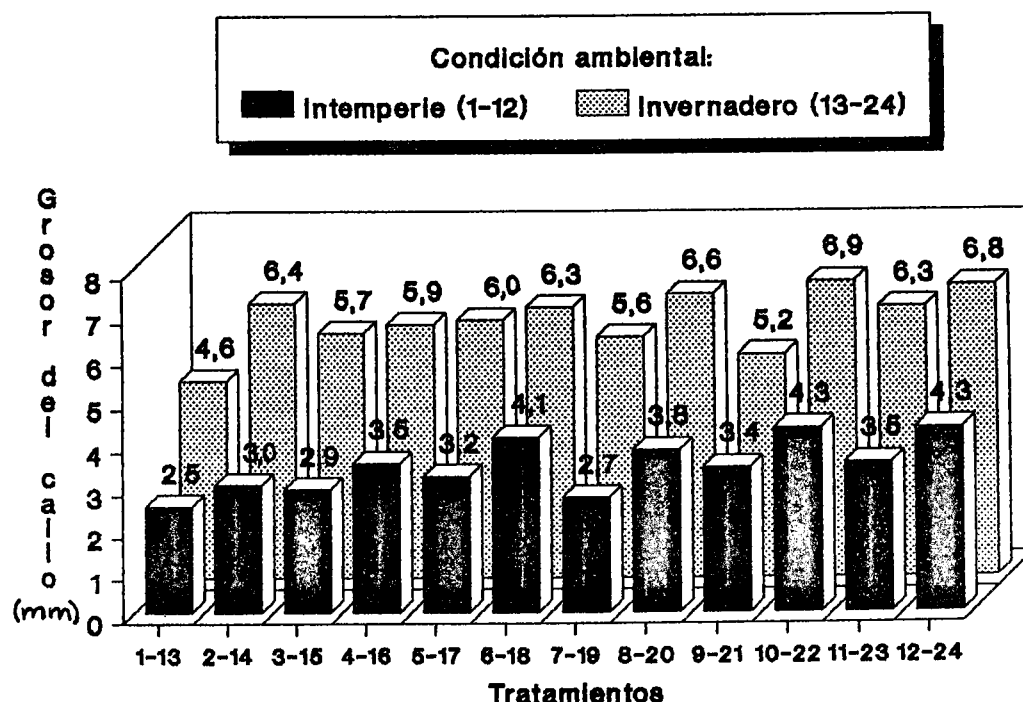


Figura 5. Grosor del callo, por tratamientos, en condiciones ambientales de intemperie e invernadero, al final del ensayo.

Es indudable que para este ensayo, la producción de callo jugó un papel importante en la sobrevivencia, puesto que cuando no se produjo, invariablemente las estaquillas murieron; esta situación fue muy patente en la condición de intemperie. Asimismo, cuando la cantidad de callo fue escasa, y no alcanzó a cubrir

totalmente la base de las estaquillas, se observó que algunas de ellas murieron tiempo después.

Por otro lado, la producción de callo en exceso resultó ser una condición indeseable, puesto que limitó la emisión de raíces adventicias, lo que concuerda con Macdonald (1986), quien apunta que las células del tejido parenquimatoso indiferenciado (callo), que se forman alrededor de la base de las estaquillas, obstruyen la salida de las raíces. El mismo autor indica, que las causas que propician la aparición de callo en abundancia, pueden deberse a la existencia de exceso de aereación en la cama de enraizamiento, mala selección de las estacas, períodos inadecuados de estacado, aplicación de enraizadores de baja concentración y existencia de altas temperaturas en los medios de enraizamiento.

Si se considera en qué grosor del callo hubo mayor emisión de raíces, se encontrará que la prueba de correlación efectuada para esas dos variables no permitió vislumbrar un comportamiento definido (Cuadro 13 del Apéndice), esto se debió, tal vez, a la insuficiencia de información; dado que sólo 7 de 864 estaquillas enraizaron.

4.5. Sobrevivencia de las estaquillas

Los resultados de la sobrevivencia, se presentan a través de Cuadros y Figuras. Para el caso particular de la condición ambiental de intemperie, los resultados se discuten primero por factor, y posteriormente se analizan por tratamientos, los cuales son producto de las interacciones de los factores en estudio.

4.5.1. **Sobrevivencia de las estaquillas a la intemperie.** En este punto se analiza el comportamiento de la sobrevivencia por factor probado, y de forma general.

4.5.1.1. **Influencia de los medios de enraizamiento en la sobrevivencia.** En el Cuadro 7 se presentan los resultados de sobrevivencia debido al medio de enraizamiento, donde se aprecia que en el tezontle se lograron siempre los más altos porcentajes. Los análisis de varianza realizados, muestran la existencia de diferencias estadísticamente significativas, a las tres y siete semanas de iniciado el ensayo (Cuadros 14, 15, 16, 17 y 18 del Apéndice).

Cuadro 7. Prueba de medias SNK de la sobrevivencia, debido al medio de enraizamiento, en diferentes fechas de observación.

Medio de en- raizamiento	Sobrevivencia (%)				
	A las 3 semanas (24 mayo)	A las 7 semanas (21 jun.)	A las 11 semanas (19 jul.)	A las 16 semanas (23 ago.)	A las 20 semanas (22 sep.)
Tezontle	97.7 A	88.0 A	81.5 A	72.7 A	61.1 A
Arena	93.1 B	79.2 B	76.3 A	66.2 A	57.4 A

Nota: Tratamientos con letras iguales, indican que no hay diferencias significativas entre ellos al nivel de $\alpha = 5 \%$.

La prueba de medias SNK, define al tezontle como el sustrato que más favoreció la sobrevivencia de las estaquillas en las primeras siete semanas. En las pruebas de medias posteriores, tanto el tezontle como la arena quedaron ubicados en el mismo grupo (Cuadro 7).

Las causas que propiciaron que en el tezontle existiera mayor sobrevivencia, se debe, sin duda, a que tiene mayor capacidad de retención de humedad que la arena (Cuadro 4 del Apéndice); esta situación propició que las estaquillas pudieran disponer del agua, especialmente cuando las condiciones ambientales fueron críticas, debido a la existencia de días soleados y sin lluvia (primeras siete semanas). Además, en ese lapso, la arena se sobrecalentaba en la parte superficial.

Después de la segunda evaluación, los niveles de mortalidad disminuyeron en ambos sustratos (Cuadro 7), al mejorar sustancialmente las condiciones ambientales (Cuadros 1 y 3 del Apéndice), debido al inicio del período de lluvias. Otra causa favorable, en la disminución de la mortalidad, fue la aparición de callo a la cuarta semana del estacado (Cuadro 5 del Apéndice).

4.5.1.2. Efecto de los enraizadores en la sobrevivencia. En el Cuadro 8 se presentan los resultados que se obtuvieron de sobrevivencia, debido a la influencia de los enraizadores aplicados; observándose que los porcentajes más altos ocurrieron cuando se aplicó Radix F-10000; siguiéndole, en orden de importancia, el Raizone-Plus, y quedando en el último lugar el testigo (sin enraizador). Las pruebas de los análisis de varianza practicadas, para este factor, mostraron diferencias estadísticas hasta la séptima semana de iniciado el ensayo (segunda evaluación); y siguieron manifestándose en las mediciones posteriores (Cuadros 14, 15, 16, 17 y 18 del Apéndice); aunque, fue hasta la dieciseisava semana (23 de agosto), cuando se apreciaron notable-

mente esas diferencias (Cuadro 8).

Cuadro 8. Prueba de medias SNK en la variable sobrevivencia, para el factor enraizador, en diferentes evaluaciones durante el ensayo.

Enraizador	Sobrevivencia (%)				
	A las 3 semanas (24 mayo)	A las 7 semanas (21 jun.)	A las 11 semanas (19 jul.)	A las 16 semanas (23 ago.)	A las 20 semanas (22 sep.)
Radix F-10000	97.2 A	89.6 A	86.1 A	82.6 A	75.7 A
Raizone-Plus	93.1 A	84.0 AB	79.2 AB	68.7 B	57.6 B
Sin enraizador	95.8 A	77.1 B	71.4 B	56.9 C	44.4 C

NOTA: Tratamientos con letras iguales, indican que no hay diferencias significativas entre ellos al nivel de $\alpha = 5 \%$.

En la prueba de medias SNK (Cuadro 8), se observa que a partir de la séptima semana, el Radix F-10000 fue el enraizador que más favoreció la sobrevivencia de las estaquillas; sin embargo, en esa evaluación y en la siguiente, este enraizador quedó en el mismo grupo del Raizone-Plus; el cual, a su vez, quedó integrado en el nivel del testigo (sin enraizador), factor que tuvo los menores valores en todas las mediciones realizadas. Al final del ensayo, la diferencia en sobrevivencia, entre el Radix F-10000 y el Raizone-Plus, fue del 18.1 %, y en comparación con el testigo (sin enraizador) fue del 31.3 %.

Sin duda, las sustancias que contienen los enraizadores utilizados tuvieron influencia en la sobrevivencia de las estaquillas, al contribuir en la formación de callo.

La aplicación de sustancias promotoras del enraizamiento, en la producción de callo, la confirman autores como Zaerr y Mapes (1982), y Nanda, Kumar y Kochhar (1974), quienes señalan que las auxinas AIB, ANA y AIA se han empleado con la finalidad de promover la formación de callo. Si se analiza el contenido de los enraizadores Radix F-10000 y Raizone-Plus (pág. 36), se encontrará que el primero contiene al AIB y al ANA, mientras que en el segundo, sólo está presente el AIB.

El hecho de que las diferencias, en sobrevivencia, al inicio del experimento hayan sido mínimas, se debió a que las estaquillas absorbían la humedad directamente, a través del corte realizado, mientras se formaba el callo; sin embargo, esa capacidad de absorción sólo pudo mantenerse por cierto tiempo, ya que la decrepitud de la estaquilla se inicia con la pudrición de su base.

Por otro lado, en los resultados de los análisis de varianza, se observa que cuando se probó la interacción de los factores en estudio, sólo existieron diferencias significativas para la relación medio de enraizamiento-enraizador, las cuales ocurrieron a las 16 semanas de iniciado el experimento (Cuadro 17 del Apéndice); en este caso, la combinación más eficiente fue tezontle y Radix F-10000.

4.5.1.3. Influencia del tipo de estaquillas en la sobrevivencia. Los resultados de esta variable se presentan en el Cuadro 9, donde se aprecia que las estaquillas con talón siempre tuvieron los más altos porcentajes de sobrevivencia,

incrementándose esas diferencias, en relación a las estaquillas simples, conforme transcurrió el tiempo. En los análisis de varianza practicados, se observa que existieron diferencias estadísticamente significativas desde la segunda evaluación (a las siete semanas de iniciado el ensayo), las cuales se mantuvieron hasta el final del experimento (Cuadros 14, 15, 16, 17 y 18 del Apéndice).

Cuadro 9. Prueba de medias SNK en la variable sobrevivencia, para el factor tipo de estaquilla, en diferentes mediciones.

Tipo de estaquilla	Sobrevivencia (%)				
	A las 3 semanas (24 mayo)	A las 7 semanas (21 jun.)	A las 11 semanas (19 jul.)	A las 16 semanas (23 ago.)	A las 20 semanas (22 sep.)
Con talón	97.2 A	89.4 A	84.6 A	76.4 A	69.4 A
Simple	93.5 A	77.8 B	73.1 B	62.5 B	49.0 B

NOTA: Tratamientos con letras iguales, indican que no hay diferencias significativas entre ellos al nivel de $\alpha = 5 \%$.

En la prueba de medias SNK, se observa que a partir de la segunda evaluación (21 de junio), las estaquillas con talón quedaron solas en el grupo superior, teniendo al final del ensayo un 69.4 % de sobrevivencia; en cambio, en las estaquillas simples, el porcentaje final de sobrevivencia fue del 49 %, lo cual implica cerca del 20 % menos (Cuadro 9).

Sin duda, la sobrevivencia resultó más alta en las estaquillas con talón, debido la mayor área de exposición que existió en la base de las estaquillas con el medio de enraizamiento y los enraizadores.

4.5.1.4. **Sobrevivencia general.** Los porcentajes de sobrevivencia, agrupados por tratamientos, producto de la combinación de los factores medio de enraizamiento, enraizador y tipo de estaquilla, se aprecian en el Cuadro 10 y se ilustran en la Figura 6.

Cuadro 10. Sobrevivencia de las estaquillas en condiciones ambientales de intemperie.

Tratamientos	Sobrevivencia (%)				
	A las 3 semanas (24 mayo)	A las 7 semanas (21 jun.)	A las 11 semanas (19 jul.)	A las 16 semanas (23 ago.)	A las 20 semanas (22 sep.)
1 (IASeS)	88.9	58.3	47.2	33.3	22.2
2 (IASeTa)	97.2	77.8	77.1	58.3	52.8
3 (IARS)	97.2	91.7	91.7	86.1	77.8
4 (IARTa)	97.2	86.1	83.3	83.3	72.2
5 (IARaS)	88.9	72.2	69.5	61.1	50.0
6 (IARaTa)	88.9	88.9	88.9	75.0	69.4
7 (ITSeS)	97.2	80.6	77.8	58.3	38.8
8 (ITSeTa)	100.0	91.7	83.3	77.8	63.9
9 (ITRS)	94.4	83.3	75.0	72.2	63.9
10 (ITRTa)	100.0	97.2	94.4	88.9	88.9
11 (ITRaS)	94.4	80.6	77.8	63.9	41.6
12 (ITRaTa)	100.0	94.4	80.6	75.0	69.5

Donde: I=Intemperie. A=Arena. T=Tezontle. Se=Sin enraizador. R=Radix F-10000. Ra=Raizone-Plus. S=Estaquilla simple. Ta=Estaquilla con talón.

Los resultados obtenidos, permiten apreciar que el período más crítico, en la sobrevivencia de las estaquillas, ocurrió en el lapso del 24 de mayo al 21 de junio (tercera a séptima semana), esto se evidenció por la ocurrencia de la mayor tasa de mortalidad, la cual fue, en promedio, del 11.8 %. Los tratamientos que más contribuyeron a esa mortalidad fueron el 1, 7 y 11 (Cuadro 10 y Figura 6), caracterizados por tener los siguientes componentes comunes: estaquillas simples, en todos los tratamientos; sin enraizador, en los tratamientos 1 y 7, y Rai-

zone-Plus en el tratamiento 11. En general, estos tratamientos son los que mayor mortalidad presentaron durante el tiempo que duró el ensayo.

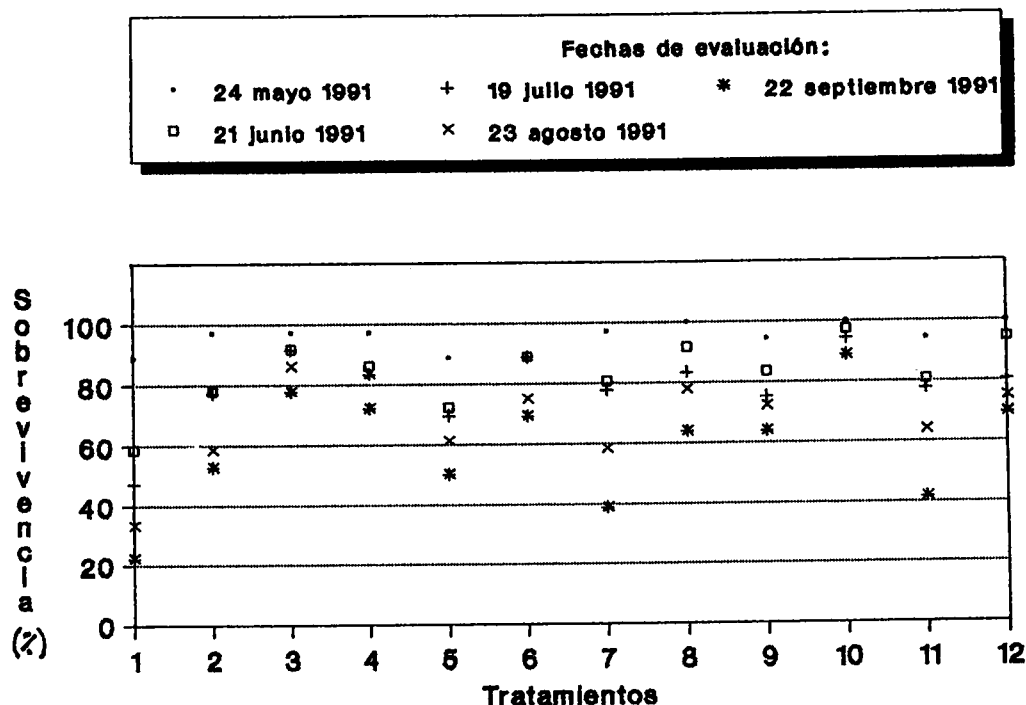


Figura 6. Sobrevivencia de las estaquillas en diferentes fechas de evaluación, en la condición ambiental de intemperie.

Las causas que propiciaron esos altos niveles de mortalidad, pueden atribuirse, principalmente, a las desfavorables condiciones ambientales que prevalecieron desde el inicio del experimento hasta mediados del mes de junio; caracterizadas por tener días soleados y con escasez de lluvia.

La situación anterior provocó que la humedad en la cama de enraizamiento, durante el día, se perdiera rápidamente, a pesar de que diariamente se regaba, siendo más notorio ese efecto en la

arena, ya que en las horas de mayor calor (16:00 h), su contenido de humedad fue del 9.0 %; mientras que en el tezontle fue del 11.2 % (Cuadro 4 del Apéndice). Además, la parte superficial de los sustratos se calentaba demasiado, principalmente la arena, que aunado a la baja humedad ambiental mínima, provocaron mayor estrés en las estaquillas (Cuadro 3 del Apéndice).

En cambio, a partir de que se inició el período de lluvias, las condiciones ambientales mejoraron sustancialmente; con ello, el promedio de humedad relativa mínima, para el período comprendido entre el 22 de junio y el 19 de julio, aumentó al 77 % y el porcentaje de días con lluvia también se incrementó del 54 al 79 % (Cuadro 3 del Apéndice); lo anterior se reflejó en la disminución de la mortalidad en la evaluación del 19 de julio, la cual fue en promedio del 4.7 % (Cuadro 10 y Figura 6).

Otra razón, ya señalada en el apartado 4.1., que favoreció la sobrevivencia de las estaquillas, fue la aparición del callo aproximadamente al mes de iniciado el ensayo; así, a las siete semanas, el 54.2 % de las estaquillas puestas en el tezontle habían formado callo, mientras que en la arena, sólo el 29.2 % lo tenían (Cuadro 5 del Apéndice).

En las evaluaciones posteriores (23 de agosto y 22 de septiembre), la mortalidad en cada período fue de cerca del 10 %; la razón de que se haya incrementado, se debe a que aumentó el número de días soleados y a que disminuyó el número de días con lluvia (Cuadro 3 del Apéndice), lo cual dificultó la sobrevivencia de las estaquillas que no habían formado callo.

Finalmente, después de 20 semanas de tener a las estaquillas en la cama de enraizamiento, los tratamientos que más favorecieron su sobrevivencia fueron el 10, 3, 4, 12 y 6 (Cuadro 10 y Figura 6), los cuales son en su mayoría estaquillas con talón (tratamientos con número par); y con Radix F-10000 (tratamientos 10, 3 y 4). En relación al medio de enraizamiento, se encontró que no existieron diferencias significativas.

Asimismo, al analizar la relación que existió entre la sobrevivencia final y la cantidad de callo formado, se encontró el coeficiente de correlación fue del 0.69666 (Cuadro 13 del Apéndice), lo cual denota un grado de correlación aceptable, y permite establecer que a mayor producción de callo existe más sobrevivencia, o viceversa (Figuras 3 y 6).

4.5.2. Sobrevivencia de las estaquillas en invernadero. El análisis estadístico de esta variable sólo se hizo al final, debido a que en el transcurso del tiempo que duró el ensayo la sobrevivencia fue alta.

Los resultados de sobrevivencia de las estaquillas, por factor, al final del ensayo, aparecen en el Cuadro 11, donde se aprecia que los valores fueron siempre mayores al 93 %. El análisis de varianza practicado, muestra la existencia de diferencias estadísticas para el factor tipo de estaquilla y para la interacción medio de enraizamiento-tipo de estaquilla (Cuadro 19 del Apéndice).

En la prueba de medias SNK, realizada por factores, sólo en el tipo de estaquilla se observan diferencias estadísticas, ubicándose a las estaquillas con talón en el nivel superior; aunque, dichas diferencias, en relación a las estaquillas simples, fueron del 5.5 %. Asimismo, en los factores medio de enraizamiento y enraizador, las diferencias fueron inferiores al 5.0 % (Cuadro 11). En la Figura 7 se observan los porcentajes de sobrevivencia que existieron por tratamientos, donde se aprecia que todos fueron superiores al 80 % y que existió poca variación, por lo que es difícil apreciar algún comportamiento específico debido a algún factor en particular.

Cuadro 11. Prueba de medias SNK para la variable sobrevivencia, a las 20 semanas de establecido el experimento, en la condición ambiental de invernadero.

Factor	Condición	Sobrevivencia (%)
Medio de enraizamiento	Arena	98.1 A
	Tezontle	95.4 A
Enraizador	Raizone-Plus	99.3 A
	Sin enraizador (testigo)	95.8 A
	Radix F-10000	95.1 A
Tipo de estaquilla	Con talón	99.5 A
	Simple	94.0 B

NOTA: Tratamientos con letras iguales, indican que no hay diferencias significativas entre ellos al nivel de $\alpha = 5 \%$.

Las causas que propiciaron esos altos niveles de sobrevivencia, se debieron a las favorables condiciones de humedad que prevalecieron en la cama de enraizamiento, al existir, generalmente, humedades relativas superiores al 60 %, a pesar de que

la temperatura del ambiente y de los sustratos fueron altas (Cuadro 2 del Apéndice); sin embargo, su efecto se contrarestó con el riego casi continuo que se hacía por medio del sistema de nebulización.

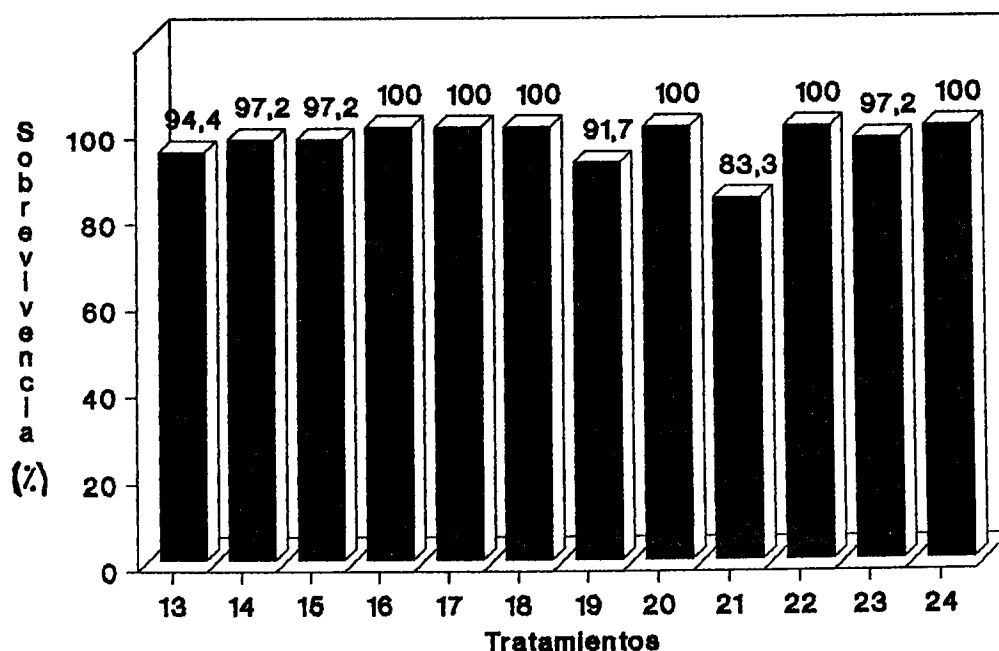


Figura 7. Sobrevivencia por tratamientos, al final del ensayo, para la condición ambiental de invernadero.

En general, se aprecia que los elementos probados en cada factor tuvieron un efecto similar; aunque tal vez, no pudieron manifestarse por las favorables condiciones de humedad, ya señaladas, que existieron durante el tiempo de prueba.

Al efectuar la prueba de correlación para las variables grosor del callo y sobrevivencia, el valor obtenido fue de 0.65983 (Cuadro 13 del Apéndice), lo que define un comportamiento similar para la condición ambiental de intemperie.

4.5.3. **Sobrevivencia de las estaquillas comparando las condiciones ambientales de intemperie e invernadero.** Los porcentajes de sobrevivencia, al final del ensayo, considerando conjuntamente las dos condiciones ambientales, se presentan en el Cuadro 12 y en la Figura 8; en ellos se aprecia el comportamiento de los factores probados, donde destaca la condición ambiental, por ser el factor en el cual existieron las mayores diferencias en sobrevivencia.

Cuadro 12. Prueba de medias SNK, en la variable sobrevivencia, a las 20 semanas de establecido el ensayo, en condiciones de intemperie e invernadero.

Factor	Condición	Sobrevivencia (%)
Condición ambiental	Invernadero	96.8 A
	Intemperie	59.3 B
Medio de enraizamiento	Tezontle	78.5 A
	Arena	77.8 A
Enraizador	Radix F-10000	85.4 A
	Raizone-Plus	78.5 A
	Sin enraizador	70.1 B
Tipo de estaquilla	Con talón	84.5 A
	Simple	71.5 B

NOTA: Tratamientos con letras iguales, indican que no hay diferencias significativas entre ellos al nivel de $\alpha = 5 \%$.

El análisis de varianza realizado, muestra diferencias significativas para los factores condición ambiental, enraizador y tipo de estaquilla, y para las interacciones condición ambiental-medio de enraizamiento, condición ambiental-enraizador,

medio de enraizamiento-enraizador, medio de enraizamiento-tipo de estaquilla, medio de enraizamiento-enraizador-tipo de estaquilla y condición ambiental-enraizador-tipo de estaquilla (Cuadro 20 del Apéndice).

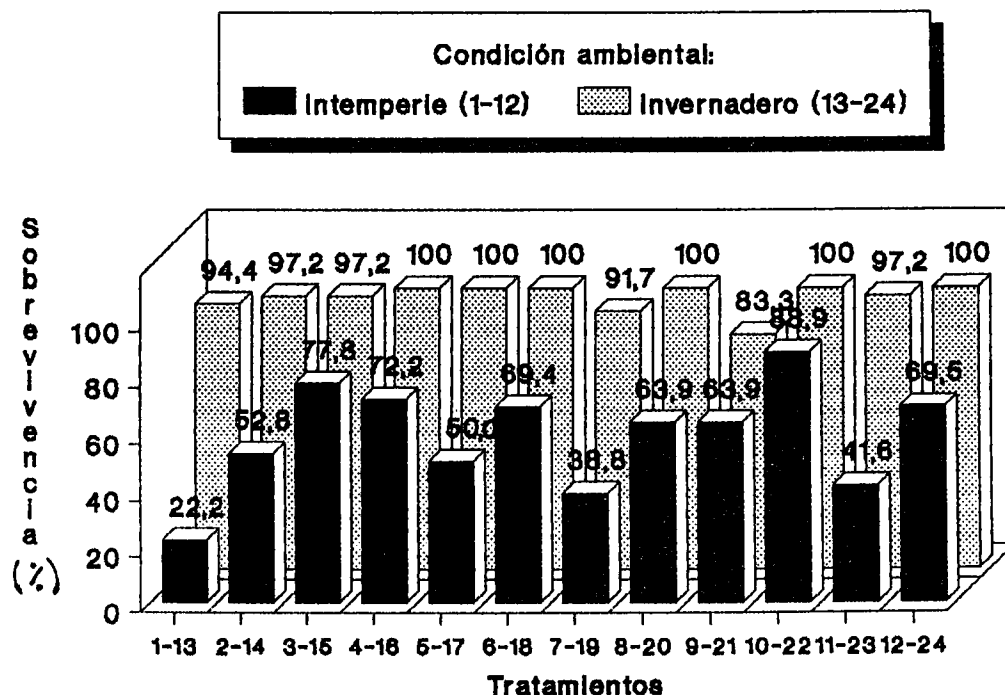


Figura 8. Sobrevivencia final de las estaquillas, en las dos condiciones ambientales, a las 20 semanas de establecido el ensayo

En la prueba de medias SNK, se aprecia que las mayores diferencias, en sobrevivencia, se debieron a la condición ambiental, siendo éstas del 37.5 %, correspondiendo los valores más altos a la condición de invernadero (Cuadro 12). Las diferencias en los otros factores bajo prueba, estuvieron más influenciadas por la condición ambiental a la intemperie, ya que ahí fue donde éstos manifestaron su efecto.

Al realizar la prueba de correlación para ambas condiciones ambientales, el valor obtenido fue del 0.88277 (Cuadro 13 del Apéndice), lo cual establece una fuerte relación directamente proporcional entre la cantidad de callo formado y la sobrevivencia de las estaquillas. Si se observan los resultados obtenidos de esas variables, se encontrará que a la intemperie ocurrió la menor producción de callo, y por lo tanto, de sobrevivencia; y en invernadero sucedió lo contrario.

Finalmente, es importante resaltar el hecho de que no se encontraron en la literatura, experiencias de enraizado con el género **Cupressus**, a pesar de haber realizado una revisión exhaustiva de los últimos 8 años.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La producción de callo es una condición necesaria para que las estaquillas puedan sobrevivir y, en consecuencia, emitan raíces.
- La emisión de raíces adventicias en **Cupressus guadalupensis** S. Wats., es más factible en condiciones de invernadero.
- Para obtener plantas por medio del estacado, las estaquillas del tipo simple, son mejores que las de talón.
- Como promotor del enraizamiento, el Radix F-10000 fue superior al Raizone-plus.
- Para esta investigación, es preferible emplear a la intemperie, arena que tezontle; en cambio, en invernadero, el tezontle es mejor como medio de enraizamiento.
- Tanto el exceso como la escasez de callo, son condiciones desfavorables para la brotación de raíces adventicias.
- El **C. guadalupensis** resultó ser una especie difícil de reproducirse por medio de estacado, en las condiciones de este experimento.

5.2. Recomendaciones.

- Se recomienda probar otras épocas de estacado, principalmente durante el período de invierno.

- Para el desarrollo de otros ensayos similares, se recomienda que como sustancia enraizadora sólo se utilice el Radix, a diferentes niveles de concentración.
- Para futuros ensayos de investigación, se recomienda que éstos se efectuen en condiciones de invernadero, teniendo un control estricto de la temperatura y humedad relativa.
- Es conveniente que como medios de enraizamiento, se prueben otro tipo de sustratos.

6. LITERATURA CITADA

- AFANASIEV, M. 1939. Effect of indolebutyric acid on rooting of greenwood cuttings of some deciduous forest trees. J. For. 37:37-41.
- ALDOHUS, J.R. 1972. Nursery practice. London, Forestry Commission. Bulletin 43. pp. 124-127.
- BANNISTER, M.H. 1965. Sampling the pines of Guadalupe Island and Cedros Island. New Zealand Forest Research Institute, Silviculture Report No. 49. p. 5.
- BENEA, V. y V. CRISTESCU. 1974. Propagation of *Platanus x acerifolia* Willd. from cuttings. N.Z.J. For. Sci. 4(2):167-169.
- BOEIJINK, DE LA E. y J.T.M. VAN BROEKHUIZEN. 1974. Rooting of cuttings of *Pinus sylvestris* under mist. N.Z.J. For. Sci. 4(2):127-132.
- BOWER, R. y J.P. VAN BUIJTENEN. 1977. A comparison of rooting success of greenhouse-grown and field-grown slash pine cuttings. Can. J. For. Res. 7:183-185.
- BRIX, H. 1974. Rooting of cuttings from mature Douglas-fir. N. Z. J. For. Sci. 4(2):133-139.
- BRUMM, F.O. y O. BUCHARDS. 1976. La multiplicación de las frondosas y de las coníferas. Barcelona, Blume. pp. 51-58.
- COPEL, D.L. 1977. Influence of rooting media on root structure and rooting percentage of Douglas-fir cuttings. Silvae Gen. 26:102-106.
- DALLIMORE, W. y A.B. JACKSON. 1966. A handbook of coniferae and ginkgoaceae. 4 ed. London, Edward Arnold. p. 206.
- DAVIS, T.D. y B.E. HAISSIG. 1990. Chemical control of adventitious root formation in cuttings. In. Plant Growth Regulator Society of America. Quarterly. 18(1):1-17.
- DEUBER, C.G. y J.L. FARRAR. 1940. Vegetative propagation of norway spruce. J. For. 38:578-585.
- DIFUSION CULTURAL. 1983. Isla Guadalupe: un lejano frente de trabajo por impedir catástrofe natural. Tzapinco, Chapingo, (México); abril-mayo:p. 5.
- ELDRIDGE, K.G. 1978. *Pinus radiata* seed collections California. CSIRO. Forest Research, Canberra, Australia. pp. 26-39.

- FOWLER, D.P. 1984. Propagation of forestry trees. In. XIV Reunión del grupo de mejoramiento genético forestal. (ciclo de conferencias) COFAN-FAO. México. pp. 58-64.
- GIROUARD, R.M. 1974. Propagation of spruce by stem cuttings. N. Z. J. For. Sci. 4(2):140-149.
- _____. 1983. Propagation of balsam fir by stem cuttings. Information Report LAU-X-61. Can. For. Serv. 14 p.
- GREENWOOD, M.S.; T.M. MARINO; R.D. MEIER y K.W. SHANAN. 1980. The role of mist and chemical treatments in rooting loblolly and shortleaf pine cuttings. For. Sci. 26(4):651-655.
- GRIFFITH, B.G. 1940. Effect of indolebutyric acid, indoleacetic acid and alpha naphthalene-acetic acid on rooting of cuttings of Douglas-fir and sitka spruce. Jour. For. 38:496-500.
- HAISSIG, B.E. 1970a. Influence of indole-3-acetic acid on adventitious root primordia of brittle willow. Planta 95:27-37.
- _____. 1970b. Preformed adventitious root initiation in brittle willows grown in a controlled environment. Can. J. Bot. 48(12):2309-2312.
- _____. 1974. Origins of adventitious roots. N.Z. J. For. Sci. 4(2):299-310.
- _____. 1982. The rooting stimulus in pine cuttings. Reprints. International Plant Propagator's Society. Vol. 33. Forest Service-USDA. pp. 625-638.
- _____. 1986. Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings. In. New roots formation in plants and cuttings. Ed. por Michael B. Jackson. Martinus Nijhoff. pp. 141-190.
- _____. 1987. How physiology research benefits regeneration practices; vegetative regeneration. North Central Forest Experiment Station. Wisconsin. U.S. 3 p.
- HARE, R.C. 1974. Chemical and environmental treatments promoting rooting of pine cuttings. Can. J. For. Res. 4:101-106.
- HARTMANN, H.T. y D.E. KESTER. 1990. Propagación de Plantas; Principios y Prácticas. Trad. al español por Antonio Marino 4 ed. México, CECSA. pp. 219-360.
- HEAMAN, J.C. y J.N. OWENS. 1972. Callus formation and root initiation in stem cuttings of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco). Can. J. For. Res. 2(2):121-134.

- HERNANDEZ DIAZ., J.C. 1977. Estudio de algunos factores que afectan el prendimiento de estacas de **Populus alba** L., **P. balsamifera** DuRoi., **P. *canadensis** Moench. y **Acer negundo** L. Tesis Ing. Agr. Esp. en Bosques. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 193 p.
- JASSO MATA., J. 1985. Rooting-cuttings and air-layering. In. Research Methods in Forest Genetics. Yale University. New Haven, Ct. (Inédito) 32 p.
- KIANG, Y.T.; O.M. ROGERS y R.B. PIKE. 1974. Vegetative propagation of eastern white pine of cuttings. N. Z. J. For. Sci. 4(2):153-160.
- KORMANIK, P.P. y C.L. BROWN. 1974. Vegetative propagation of some selected hardwood forest species in the Southeastern United States. N.Z.J. For. Sci. 4(2):228-234.
- LEE, C.J. y H.B. TUKEY, Jr. 1971. Induction of root-promoting substances in **Euonymus alatus** by intermittent mist. In. GREENWOOD, M.S.; T.M. MARINO; R.D. MEIER y K.W. SHANAN. 1980. The role of mist and chemical treatments in rooting loblolly and shortleaf pine cuttings. For. Sci. 26(4):651-655.
- LIBBY, W.J. 1983. Potential of clonal forestry. In. Clonal Forestry. Part 2. Its Impact Proc. on Tree Improvement and Our Future Forests. 19th Meet. Can. Tree Improv. Assoc. pp. 1-2
- MACDONALD, B. 1986. Practical woody plant propagation for nursery growers. Vol. 1. Timber Press. U.S. pp 219-276.
- MAHLSTEDE, J.P. y E.S. HABER. 1957. Plant propagation. New York. John Wiley. pp. 208-215.
- MARTINEZ, M. 1963. Las pináceas mexicanas. 3 ed. México, Instituto de Biología-UNAM. pp. 276-280.
- MERGEN, F. 1955. Vegetative propagation of slash pine. U.S. Forest Serv. Southeastern For. Exp. Sta., Station Paper No. 54.
- MONTAIN, C.R.; B.E. HAISSIG y J.D. CURTIS. 1983a. Differentiation of adventitious root primordia in callus of **Pinus banksiana** seedling cuttings. Can. J. For. Res. 13(1):195-200.
-
- . 1983b. Initiation of adventitious root primordia in very young of **Pinus banksiana** seedlings cuttings. Reprinted from Can. J. For. Res. 13(1):195-200.
- MOTT, R.L. 1977. Rooting of conifer propagules. In. 30th. Lake States Forest Tree Improvement Conference. Forest Service-USDA. pp. 48-55.

- NANDA, K.K.; P. KUMAR y V.K. KOCHHAR. 1974. Role of auxins, antiauxin and phenol in the production and differentiation of callus on stems cuttings of *Populus robusta* N.Z.J. For. Sci. 4(3):338-346.
- NIENSTAEDT, H.; F.C. CECH.; F. MERGEN.; C.W. WANG. y B. ZAK. 1958. Vegetative propagation in forest genetics research and practice. J. For. 56(11):826-839.
- OUDEN, D.P. y B.K. BOOM. 1978. Manual of cultivated conifers. Martinus Nijhoff. Wageningen. p. 137.
- PIMENTEL BRIBIESCA., L. 1971. Viveros; semilleros portátiles y el trasplante anticipado. Bosques y Fauna (México) 8(3):4-26.
- _____. 1986. Efecto de la poda de raíz al momento de la plantación. In. Resúmenes. Tercera presentación de trabajos de investigación agrícola en el campo experimental. Universidad Autónoma Chapingo. p. 37.
- POTTINGER, A.J. y E.K. MORGENSTERN. 1985. Factors influencing successful propagation of young tamarack stem cuttings. In. 29th. Northeastern forest tree improvement conference. Division of Forestry. West Virginia University. pp. 48-55.
- RAUTER, R. M. 1982. Recent advances in vegetative propagation including biological and economic considerations and future potential. Joint meeting of working parties on genetics about breeding strategies including muticlonal varieties. Ministry of Natural Resources. Ontario. 26 p.
- _____. 1983. Current status of macropropagation. In. Clonal Forestry. Part 2. Its Impact on Tree Improvement and Our Future Forests. Proc. 19th. Meet. Can. Tree Improv. Assoc. pp. 58-74.
- RICO CERDA., J. 1983. Mapa de vegetación de Isla Guadalupe. Rev. Chapingo. (Chapingo, Méx.) 40:46-53.
- ROULUND, H. 1981. Problems of clonal forestry in spruce and their influence on breeding strategy. For. Abs. Rev. Art. Commonwealth For. Bur. 42(10):457-471.
- SNOW, A.G. 1941. Variables affecting vegetative propagation of red and sugar maple. J. For. 39:395-404.
- STUOTMEYER, V.T.; JESTER J.R. y F.L. O'ROURKE. 1940. Propagation of black locust clones by treating hardwood cuttings with growth substances. J. For. 38:558-585.
- VAN BUIJTENEN, J.P; J. TOLIVER; R. BOWER y M. WENDEL. 1975. Operational rooting of loblolly and slash pine cuttings. Pub. 111. Texas Forest Service. 11 p.

- VARGAS HERNANDEZ., J. 1982. Aplicación del cultivo de tejidos en la propagación vegetativa de especies forestales. *Ciencia Forestal (México)*. 7(39):45-53.
- WEAVER, R. 1989. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. México, Trillas. 622 p.
- WRIGHT, J.W. 1976. Mejoramiento genético de los árboles forestales. Roma, FAO. pp. 382-405.
- ZAERR, J.B. y M.O. MAPES. 1982. Action of growth regulators. In. *Tissue Culture in Forestry*. Eds. J.M. Bonga y D.J. Durzan. Martinus Nijhoff. pp. 231-255.
- ZOBEL, B. y J. TALBERT. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México, Limusa. 545 p.

7. APENDICE

Cuadro 1. Temperaturas mínimas y máximas del aire, de los sustratos probados y humedad relativa, para la condición ambiental de intemperie, en diferentes fechas.

Fecha	Temp. del aire (°C)			Temp. de los sustratos (°C)				H.R (%) (15 a 16 h)
	Ambien- tal ins- tantánea	Mínima	Máxima	Arena		Tezontle		
				1.5 cm	5 cm	1.5 cm	5 cm	
21 jun.	31.0	—	—	—	—	—	—	27
30 jun.	25.0	—	—	—	—	—	—	79
25 jul.	39.0	—	—	—	—	—	—	58
29 jul.	27.0	—	—	—	—	—	—	82
17 ago.	18.0	—	—	—	—	—	—	77
18 ago.	34.5	7.5	34.5	—	—	—	—	80
20 ago.	31.5	8.0	43.0	—	—	—	—	62
23 ago.	—	6.0	34.5	—	—	—	—	—
24 ago.	—	9.0	35.0	—	—	—	—	—
26 ago.	—	6.0	35.0	—	—	—	—	—
27 ago.	—	10.0	32.0	—	—	—	—	—
28 ago.	—	10.0	32.0	—	—	—	—	—
1 sep.	32.0	—	—	28.5	26.5	29.0	26.8	55
3 sep.	27.0	—	—	31.0	31.0	29.0	27.5	69
7 sep.	36.0	—	—	32.0	29.0	31.0	28.0	47
16 sep.	20.5	—	—	21.8	21.0	21.7	21.2	88

Cuadro 2. Temperaturas mínimas y máximas del aire, de los sustratos probados, así como humedad relativa para la condición ambiental de invernadero, en diferentes fechas.

Fecha	Temp. del aire (°C)			Temp. de los sustratos (°C)				H.R (%) (15 a 16 h)
	Ambien- tal ins- tantánea	Mínima	Máxima	Arena		Tezontle		
				1.5 cm	5 cm	1.5 cm	5 cm	
23 mayo	—	6.0	48.0	—	—	—	—	—
10 jun.	—	8.0	44.5	—	—	—	—	—
13 jun.	—	11.0	41.0	—	—	—	—	—
15 jun.	—	11.0	46.0	—	—	—	—	—
16 jun.	—	10.0	46.0	—	—	—	—	—
23 jun.	—	9.0	44.5	—	—	—	—	—
30 jun.	33.0	11.0	39.0	—	—	—	—	66
15 jul.	—	10.0	38.0	—	—	—	—	—
19 jul.	—	9.0	39.0	—	—	—	—	—
25 jul	32.0	—	—	—	—	—	—	76
27 jul.	—	8.0	45.0	—	—	—	—	—
28 jul.	33.5	8.0	42.0	—	—	—	—	72
2 ago.	37.0	—	—	—	—	—	—	66
7 ago.	—	11.0	42.0	—	—	—	—	—
11 ago.	—	8.0	40.0	—	—	—	—	—
1 sep.	38.0	5.0	42.0	31.5	28.0	31.0	27.5	62
3 sep.	35.0	—	—	34.0	32.0	28.5	28.5	68
7 sep.	34.0	—	—	31.7	31.0	31.7	29.5	62
14 sep.	—	8.0	40.0	—	—	—	—	—
16 sep.	24.0	7.5	43.5	23.5	24.0	24.5	24.0	88
18 sep.	—	10.0	32.0	—	—	—	—	—
19 sep.	—	13.5	40.0	—	—	—	—	—

Cuadro 3. Precipitación total, por ciento de días con lluvia, promedio de temperatura máxima y promedio de humedad relativa mínima, en el período del 3 de mayo al 22 de septiembre de 1991*.

Períodos de evaluación	Precipitación total (mm)	Días con lluvia (%)	Temperatura máxima (°C)	Humedad relativa mínima (%)
3 mayo al - 23 de mayo	31.3	27	27.8	23.4
24 mayo al - 21 de junio	98.8	54	26.5	34.7
22 junio al - 19 de julio	178.5	79	22.6	77.0
20 julio al - 23 de agosto	95.6	40	24.0	54.6
24 agosto al - 22 de sep.	89.5	58	23.0	48.9

* Datos de la Estación Meteorológica de Chapingo.

- Fecha de evaluación de la sobrevivencia de las estaquillas.

Cuadro 4. Contenido de humedad de los sustratos probados, a diferentes horas del día y en condiciones ambientales de intemperie e invernadero.

Hora	Contenido de humedad (%)			
	Intemperie		Invernadero	
	Arena	Tezontle	Arena	Tezontle
8:00	7.4	9.5	8.5	19.2
16:00	9.0	11.2	10.4	20.9

Cuadro 5. Porcentaje de estaquillas con formación de callo, puestas en macetas de observación, en arena y tezontle, en las dos condiciones ambientales probadas.

Fecha	Intemperie		Invernadero	
	Arena (%)	Tezontle (%)	Arena (%)	Tezontle (%)
31 may.	00.0	00.0	00.0	00.0
6 jun.	16.0	54.2	33.7	66.7
14 jun.	29.2	54.2	50.0	95.8
23 jun.	29.2	54.2	62.5	95.8
30 jun.	33.3	83.3	79.2	100.0
15 jul.	66.7	83.3	79.2	100.0
29 jul.	66.7	83.3	83.3	100.0
7 ago.	66.7	83.3	83.3	100.0
27 ago.	66.7	83.3	83.3	100.0
6 sep.	66.7	83.3	83.3	100.0
22 sep.	66.7	83.3	83.3	100.0

Cuadro 6. Análisis de varianza para el porcentaje de enraizamiento, al final del ensayo, en la condición ambiental de intemperie.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F Calculada	Pr > F
Modelo	11	347.17067485	3.00	0.0062
ME	1	31.56097044	3.00	0.0918
E	2	63.12194088	3.00	0.0624
TE	1	31.56097044	3.00	0.0918
ME*E	2	63.12194088	3.00	0.0624
ME*TE	1	31.56097044	3.00	0.0918
E*TE	2	63.12194088	3.00	0.0624
ME*E*TE	2	63.12194088	3.00	0.0624
Error	36	378.73164529		
Total corregido	47	725.90232014		

Donde: ME=Medio de enraizamiento. E=Enraizador. TE=Tipo de estaquilla.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el porcentaje de enraizamiento, al final del ensayo (22 de septiembre), en la condición ambiental de invernadero.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F Calculada	Pr > F
Modelo	11	844.25595929	3.24	0.0037
ME	1	197.25606526	8.33	0.0065
E	2	205.14630787	4.33	0.0206
TE	1	71.01218349	3.00	0.0918
ME*E	2	205.14630787	4.33	0.0206
ME*TE	1	71.01218349	3.00	0.0918
E*TE	2	47.34145566	1.00	0.3779
ME*E*TE	2	47.34145566	1.00	0.3779
Error	36	852.14620190		
Total corregido	47	1696.40216120		

Donde: ME=Medio de enraizamiento. E=Enraizador. TE=Tipo de estacilla.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el porcentaje de enraizamiento, al final del ensayo (a las 20 semanas del estacado), en invernadero y a la intemperie en forma conjunta.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F Calculada	Pr > F
Modelo	23	1226.93272589	3.12	0.0001
CA	1	35.50609175	2.08	0.1539
ME	1	35.50609175	2.08	0.1539
E	2	244.59752092	7.15	0.0015
TE	1	98.62803263	5.77	0.0189
CA*ME	1	193.31094395	11.31	0.0012
CA*E	2	23.67072783	0.69	0.5037
CA*TE	1	3.94512131	0.23	0.6324
ME*E	2	23.67072783	0.69	0.5037
ME*TE	1	3.94512131	0.23	0.6324
E*TE	2	102.57315393	3.00	0.0560
CA*ME*E	2	244.59752092	7.15	0.0015
CA*ME*TE	1	98.62803263	5.77	0.0189
CA*E*TE	2	7.89024261	0.23	0.7945
ME*E*TE	2	7.89024261	0.23	0.7945
CA*ME*E*TE	2	102.57315393	3.00	0.0560
Error	72	1230.87784719		
Total corregido	95	2457.81057308		

Donde: CA=Condición ambiental. ME=Medio de enraizamiento. E=enraizador. TE=Tipo de estacilla.

Cuadro 9. Porcentajes de color del callo por tratamientos, al final del ensayo, en las condiciones ambientales de intemperie e invernadero.

Tratamientos	Tonalidad del callo (%)					
	Blanquecina	Cafesosa	Negrusca	Blanquecina_cafesosa	Cafesosa_blanquecina	negrusca_blanquecina
1 (IASeS)	14.3	42.8	0.0	14.3	28.6	0.0
2 (IASeTa)	27.8	50.0	11.1	11.1	0.0	0.0
3 (IARS)	14.3	66.7	3.6	7.2	14.3	0.0
4 (IARTa)	00.0	8.0	24.0	4.0	36.0	28.0
5 (IARaS)	55.5	27.8	0.0	5.5	11.1	0.0
6 (IARaTa)	10.0	15.0	5.0	30.0	30.0	10.0
7 (ITSeS)	42.9	57.1	0.0	0.0	0.0	0.0
8 (ITSeTa)	26.1	30.4	8.7	4.3	26.1	4.3
9 (ITRS)	15.4	26.9	34.6	3.8	11.5	7.7
10 (ITRTa)	3.0	18.1	39.3	12.1	15.2	12.1
11 (ITRaS)	38.4	30.8	23.1	0.0	0.0	7.1
12 (ITRaTa)	11.1	42.3	19.2	3.8	11.5	11.5
13 (InASeS)	0.0	26.5	29.4	8.8	32.3	2.9
14 (InASeTa)	2.9	14.7	44.1	0.0	29.4	8.8
15 (InARS)	2.9	26.5	17.6	14.7	20.6	17.6
16 (InARTa)	0.0	22.2	44.4	2.8	16.6	13.9
17 (InARaS)	3.1	21.8	28.1	3.1	43.7	3.1
18 (InARaTa)	0.0	0.0	50.0	0.0	25.0	25.0
19 (IntSeS)	0.0	25.0	56.2	0.0	6.3	12.5
20 (IntSeTa)	0.0	13.9	63.9	0.0	0.0	22.2
21 (InTRS)	0.0	46.7	26.7	6.7	6.7	13.3
22 (InTRTa)	0.0	8.3	75.0	0.0	0.0	16.7
23 (InTRaS)	2.8	17.1	45.7	2.8	8.6	22.9
24 (InTRaTa)	0.0	14.3	57.1	0.0	5.7	22.9

Donde: I=Intemperie. In=Invernadero. A=Arena. T=Tezontle. Se=Sin enraizador. R=Radix F-10000. Ra=Raizone-Plus. S=Estaquilla simple. Ta=Estaquilla con talón.

Cuadro 10. Prueba de Dunnett por tratamientos, para grosor del callo en la condición ambiental de intemperie.

Tratamientos probados	Valor del trat. comparado	Valor del control	Diferencias entre medias (mm)	
Grosor del callo (mm)				
12 - 11	4.35	3.50	0.85	NS
10 - 11	4.31	3.50	0.81	NS
6 - 11	4.11	3.50	0.61	NS
8 - 11	3.78	3.50	0.28	NS
4 - 11	3.51	3.50	0.01	NS
9 - 11	3.38	3.50	-0.12	NS
5 - 11	3.20	3.50	-0.30	NS
2 - 11	2.96	3.50	-0.54	NS
3 - 11	2.90	3.50	-0.60	NS
7 - 11	2.67	3.50	-0.83	NS
1 - 11	2.53	3.50	-0.97	NS

NS Significa que no existen diferencias estadísticas al nivel de $\alpha = 5 \%$.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable grosor del callo, en la condición ambiental de intemperie, al final del ensayo (22 de septiembre).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	Pr > F
Modelo	11	86.37473240	7.85224840	4.35	0.0001
ME	1	16.13378853	16.13378853	8.93	0.0031
E	2	22.52668528	11.26334264	6.24	0.0023
TE	1	43.28088327	43.28088327	23.97	0.0001
ME*E	2	1.97874500	0.98937250	0.55	0.5789
ME*TE	1	1.19775611	1.19775611	0.66	0.4162
E*TE	2	0.17435348	0.08717674	0.05	0.9529
ME*E*TE	2	1.08252072	0.54126036	0.30	0.7413
Error	250	451.45882676	1.80583531		
Total	261	537.83355916			

Donde: ME=Medio de enraizamiento. E=Enraizador. TE=Tipo de estacilla.

Cuadro 12. Análisis de varianza para grosor del callo, al final del ensayo, en la condición ambiental de invernadero.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	Pr > F
Modelo	11	167.4173997	15.2197636	4.77	0.0001
ME	1	19.67946213	19.67946213	6.17	0.0134
E	2	22.90929049	11.45464525	3.59	0.0284
TE	1	80.52388306	80.52388306	25.25	0.0001
ME*E	2	2.13151510	1.06575755	0.33	0.7161
ME*TE	1	1.52362904	1.52362904	0.48	0.4898
E*TE	2	17.07525858	8.53762929	2.68	0.0700
ME*E*TE	2	23.57436134	11.78718067	3.70	0.0257
Error	406	1294.6633000	3.1888259		
Total	417	1462.0806998			

Donde: ME=Medio de enraizamiento. E=Enraizador. TE=Tipo de estaquilla.

Cuadro 13. Pruebas de correlación entre las variables sobrevivencia, grosor del callo y número de estaquillas enraizadas.

		Grosor del callo
Sobrevivencia:		
	Intemperie	0.69666
	Invernadero	0.65983
	(Intemperie-Invernadero)	0.88277
No. de estaquillas enraizadas:		
	Intemperie	-0.27250
	Invernadero	-0.19693
	(Invernadero-Intemperie)	0.06032

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable sobrevivencia, a la intemperie, al 24 de mayo, tres semanas después de establecido el ensayo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F Calculada	Pr > F
Modelo	11	1597.35324347	1.29	0.2678
ME	1	612.54958142	5.45	0.0252
E	2	301.20990731	1.34	0.2743
TE	1	256.34190875	2.28	0.1396
ME*E	2	283.44022635	1.26	0.2953
ME*TE	1	34.06600438	0.30	0.5852
E*TE	2	29.47046590	0.13	0.8774
ME*E*TE	2	80.27514936	0.36	0.7019
Error	36	4042.80069042		
Total corregido	47	5640.15393389		

Donde: ME=Medio de enraizamiento. E=Enraizador. TE=Tipo de estacuela.

Cuadro 15. Análisis de varianza de la variable sobrevivencia, a la intemperie, a las siete semanas (21 de junio) de iniciado el ensayo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F Calculada	Pr > F
Modelo	11	4233.31248568	2.20	0.0372
ME	1	1252.08793999	7.15	0.0112
E	2	1097.61539251	3.14	0.0556
TE	1	1131.26182961	6.46	0.0155
ME*E	2	260.05506513	0.74	0.4829
ME*TE	1	52.53302988	0.30	0.5872
E*TE	2	216.60434108	0.62	0.5443
ME*E*TE	2	223.15488748	0.64	0.5345
Error	36	6301.63109516		
Total corregido	47	10534.94358084		

Donde: ME=Medio de enraizamiento. E=Enraizador. TE=Tipo de estacuela.

Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable sobrevivencia, a la intemperie, en la medición efectuada el 19 de julio (a las 11 semanas del estacado).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F Calculada	Pr > F
Modelo	11	3918.05672203	2.00	0.0579
ME	1	411.22261007	2.31	0.1372
E	2	1075.17366977	3.02	0.0613
TE	1	758.02027268	4.26	0.0463
ME*E	2	474.85547923	1.33	0.2761
ME*TE	1	5.96312923	0.03	0.8558
E*TE	2	131.45814664	0.37	0.6938
ME*E*TE	2	1061.36341440	2.98	0.0634
Error	36	6407.18444850		
Total corregido	47	10325.24117054		

Donde: ME=Medio de enraizamiento. E=Enraizador. TE=Tipo de estacilla.

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable sobrevivencia, a la intemperie, a las 16 semanas de establecido el experimento (23 de agosto).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F Calculada	Pr > F
Modelo	11	4346.83865293	7.22	0.0001
ME	1	200.05180449	3.65	0.0640
E	2	2270.46315625	20.73	0.0001
TE	1	935.84403026	17.09	0.0002
ME*E	2	580.29808529	5.30	0.0096
ME*TE	1	29.78246551	0.54	0.4656
E*TE	2	175.99449907	1.61	0.2146
ME*E*TE	2	154.40461207	1.41	0.2574
Error	36	1971.50552626		
Total corregido	47	6318.34417919		

Donde: ME=Medio de enraizamiento. E=Enraizador. TE=Tipo de estacilla.

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable sobrevivencia, a la intemperie, al final del ensayo (22 de septiembre).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F Calculada	Pr > F
Modelo	11	6065.42267860	10.52	0.0001
ME	1	78.00710634	1.49	0.2305
E	2	3140.68470363	29.95	0.0001
TE	1	1894.88446729	36.14	0.0001
ME*E	2	268.24397239	2.56	0.0915
ME*TE	1	158.58997536	3.02	0.0906
TE*E	2	210.77531340	2.01	0.1488
ME*E*TE	2	314.23714019	3.00	0.0626
Error	36	1887.59336176		
Total corregido	47	7953.01604036		

Donde: ME=Medio de enraizamiento. E=Enraizador. TE=Tipo de estacilla.

Cuadro 19. Análisis de varianza para la sobrevivencia final, en la condición ambiental de invernadero.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F Calculada	Pr > F
Modelo	11	2234.96177925	3.62	0.0017
ME	1	142.88227382	2.55	0.1194
E	2	339.54165593	3.02	0.0611
TE	1	829.84801654	14.78	0.0005
ME*E	2	231.88254291	2.07	0.1415
ME*TE	1	308.74891385	5.50	0.0246
E*TE	2	273.96250811	2.44	0.1014
ME*E*TE	2	108.09586809	0.96	0.3914
Error	36	2020.86129907		
Total corregido	47	4255.82307832		

Donde: ME=Medio de enraizamiento. E=Enraizador. TE=Tipo de estacilla.

Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable sobrevivencia, en invernadero y a la intemperie, a las 20 semanas de de establecido el ensayo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F Calculada	Pr > F
Modelo	23	36506.0065970	29.24	0.0001
CA	1	28205.6221391	519.59	0.0001
ME	1	4.8708641	0.09	0.7654
E	2	1561.8003211	14.39	0.0001
TE	1	2616.3463521	48.20	0.0001
CA*ME	1	216.0185160	3.98	0.0498
CA*E	2	1918.4260385	17.67	0.0001
CA*TE	1	108.3861317	2.00	0.1620
ME*E	2	375.4870464	3.46	0.0368
ME*TE	1	454.9486407	8.38	0.0050
E*TE	2	73.6636163	0.68	0.5106
ME*E*TE	2	372.1012573	3.43	0.0379
CA*ME*E	2	124.6394689	1.15	0.3230
CA*ME*TE	1	12.3902485	0.23	0.6343
CA*E*TE	2	411.0742052	3.79	0.0273
CA*ME*E*TE	2	50.2317510	0.46	0.6315
Error	72	3908.4546608		
Total corregido	95	40414.4612578		

Donde: CA=Condición ambiental. ME=Medio de enraizamiento. E=Enraizador. TE=Tipo de estaquilla.

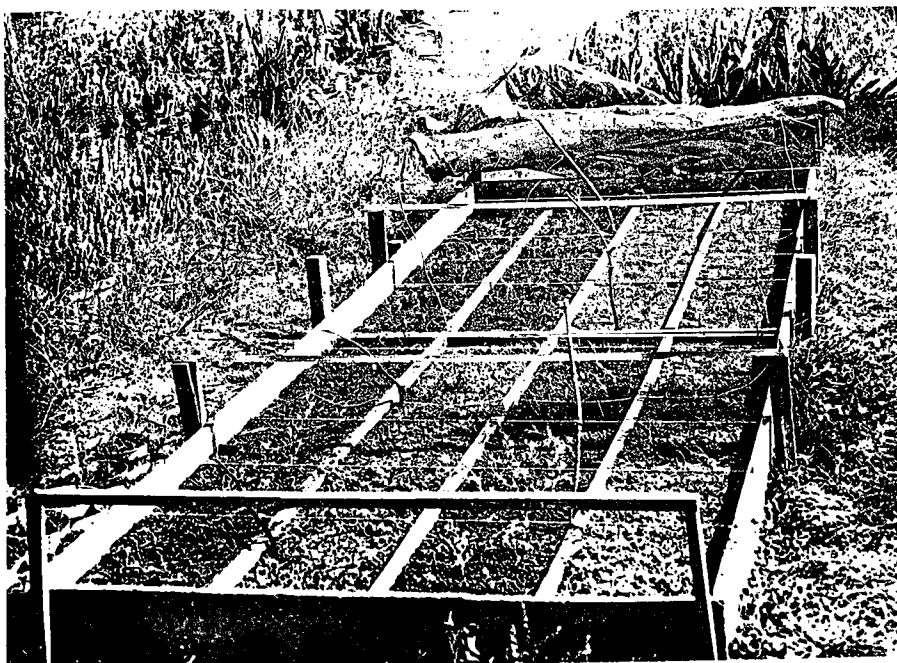


Figura 1. Características de la cama de enraizamiento en la condición ambiental de intemperie.

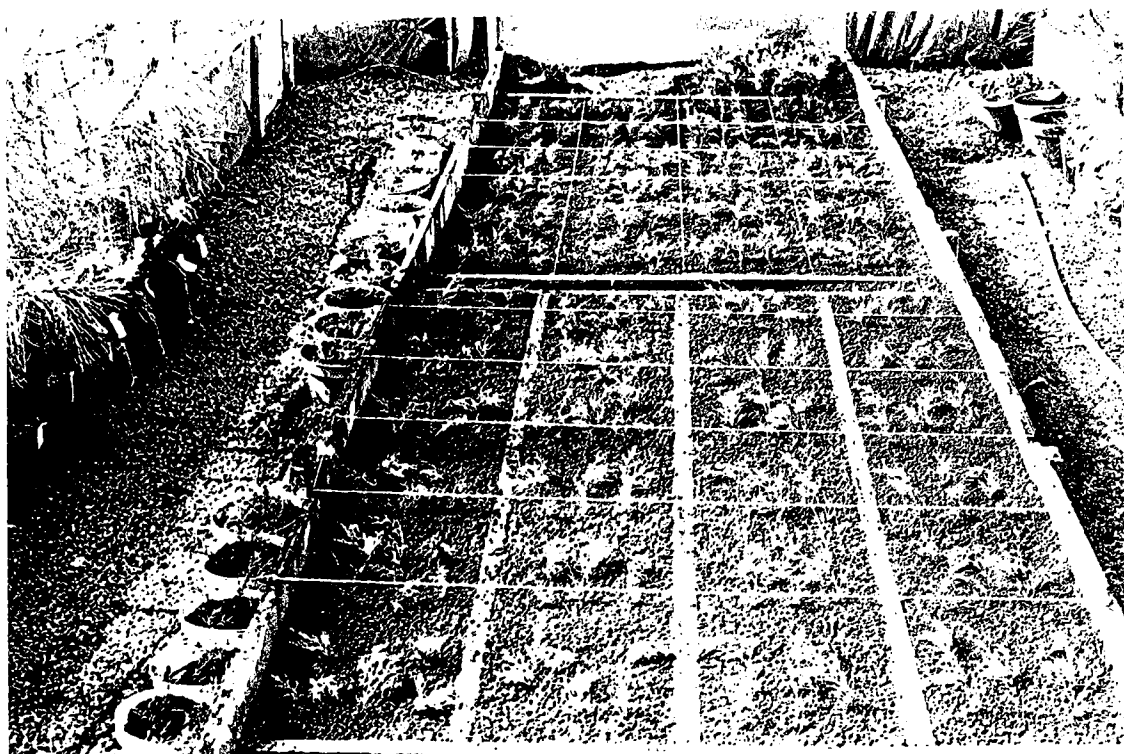


Figura 2. Características de la cama de enraizamiento en la condición ambiental de invernadero.

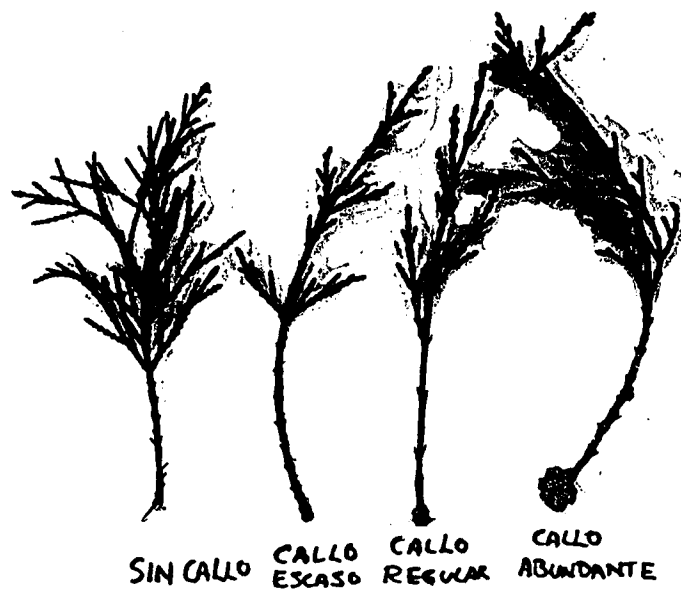


Figura 3. Diferentes niveles de producción de callo, en los tratamientos probados.

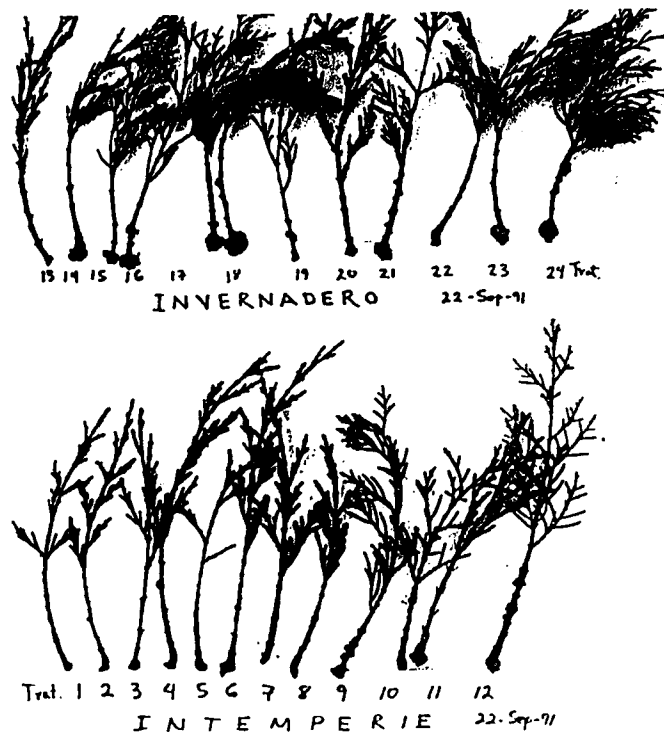


Figura 4. Cantidad de callo producido en las condiciones ambientales de intemperie e invernadero.



Figura 5. Características del sistema radical de algunas estaqui-
llas enraizadas en invernadero.

ROLUS



JUAREZ SUR 344-C
TEXCOCO, MEXICO

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH.