

19
Lij



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**" DISEÑO, CONSTRUCCION Y EVALUCACION
DE UNA CAMARA DE PROPAGACION DE PLANTAS
CON NEBULIZACION INTERMITENTE Y
CALOR DE FONDO "**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO AGRICOLA
PRESENTAN**

**ALFONSO MARTINEZ FLORES
ALBERTO RIVERA ORTIZ
ASESOR : M. EN C. GREGORIO ARELLANO OSTOA**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo:

***A MI ESPOSA Y A MI HIJO.** *Con todo mi amor.*

***A MI MADRE.** *Por todo.*

***A TODOS MIS HERMANOS.** *En especial a Rey por el apoyo que me brindó durante mis estudios.*

***A MIS SOBRINOS.** *El estudio recompensa en especial a Uriel.*

***AL LIC. GUILLERMO AMAT.** *Rector de la Universidad del Nuevo Mundo.*

Por su apoyo para realizar este trabajo y futuros proyectos, con admiración por su empeño y buen gusto.

***A MI ALMA MATER.**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Alfonso Martínez Flores



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Diseño, construcción y evaluación de una cámara de propagación

de plantas con nebulización intermitente y calor de fondo.

que presenta el pasante: Alfonso Martínez Flores

con número de cuenta: 7834563-0 para obtener el TITULO de:

Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE.
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Mex., a 7 de Noviembre

PRESIDENTE Ing. Hilda Carina Gómez Villar

VOCAL Ing. Francisco Cruz Pizarro

SECRETARIO Ing. Gregorio Arellano Ostoa

PRIMER SUPLENTE Blol. Elba Martínez Holguín

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Abel Rodríguez Bueno

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Diseño, construcción y evaluación de una cámara de propagación
de plantas con nebulización intermitente y calor de fondo.

que presenta el pasante: Alberto Rivera Ortiz
con número de cuentas: 8105310-9 para obtener el TITULO de:
ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 7 de Noviembre de 1995

PRESIDENTE Ing. Hilda Carina Gómez Villar
VOCAL Ing. Francisco Cruz Pizarro
SECRETARIO Ing. Gregorio Arellano Ostoa
PRIMER SUPLENTE Biol. Elba Martínez Holguín
SEGUNDO SUPLENTE Ing. Abel Rodríguez Bueno

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN
[Firma]
EXAMENES PROFESIONALES

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo:

**A MI ESPOSA Y A MI HIJO. Con todo mi amor.*

**A MI MADRE. Por todo.*

**A TODOS MIS HERMANOS. En especial a Rey por el apoyo que me brindo durante mis estudios.*

**A MIS SOBRINOS. El estudio recompensa en especial a Uriel.*

**AL LIC. GUILLERMO AMAT. Rector de la Universidad del Nuevo Mundo.*

Por su apoyo para realizar este trabajo y futuros proyectos, con admiración por su empeño y buen gusto.

**A MI ALMA MATER.*

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Alfonso Martínez Flores

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo:

**A MI ESPOSA INÉS Y A MIS HIJOS ALBERTO Y ERIC. Por que gracias a ellos, a su apoyo y comprensión he podido lograr mis objetivos.*

**A MI MADRE. Por su fortaleza, ganas de vivir para ayudar y por darme la vida.*

**A MI PADRE. "El hombre que forja". Por el corazón tan grande que llena y su fortaleza de espíritu para vencer los problemas.*

**A MIS HERMANOS. Con empeño todo lo que quieran lo pueden lograr.*

**AL DR. ADOLFO MEJÍA. Por su apoyo y la confianza que me brindó.*

**A MI ALMA MATER.*

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Alberto Rivers Ortiz

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las personas que nos apoyaron en la realización de este proyecto, en especial:

**Al M. en C. Gregorio Arellano Ostoa. Por su atinada dirección.*

**Al Ing. Vicente García Cuevas. Por su apoyo incondicional.*

**Al personal del Parque Nacional "Los Remedios". Don Delfino, Jacinto, Leoncio, Domingo, Lety, Don Max y Don Timoteo.*

**A los señores.*

*José Martínez Flores y
Clemente Martínez Flores.*

Por sus acertadas opiniones y por su apoyo en la parte técnica.

**Al personal de la Universidad del Nuevo Mundo. Don Fidel, Don Pancho, José, Lázaro y Amado.*

INDICE

	Pag.
Resumen.....	1
I. Introducción.....	2
II. Localización.....	4
III. Ingeniería del proyecto.....	4
1.- Investigaciones preliminares.....	4
1.1.- Cámaras de propagación.....	4
1.2.- Sistemas de calentamiento.....	5
1.2.1.- Por estiércol.....	6
1.2.2.- Por plantas de maíz picado.....	6
1.2.3.- Por vapor de agua.....	7
1.2.4.- Por agua caliente.....	7
1.2.5.- Por humo.....	7
1.2.6.- Eléctricos.....	8
1.3.- Sistemas de nebulización.....	9
1.3.1.- Manuales.....	9
1.3.2.- Semiautomáticos.....	10
1.3.3.- Automáticos.....	12
1.3.3.1.- Hoja electrónica.....	13
1.3.3.2.- De malla.....	13
1.3.3.3.- Solatrol.....	13
1.4.- Sistemas de humidificación.....	14
1.5.- Ventajas y desventajas en el uso de la nebulización.....	14
1.6.- Técnicas de propagación.....	15
1.6.1.- Propagación sexual.....	15
1.6.2.- Propagación asexual.....	16
1.6.2.1.- Propagación por estacas.....	17
1.6.2.1.1.- Factores que influyen en el enraizamiento de estacas.....	20
A. Características de la especie.....	20
a.- Características fisiológicas de la planta madre.....	20
b.- Factor juvenilidad.....	20
c.- Tipo de madera seleccionada.....	20
d.- Época del año.....	20
e.- Presencia de hojas y yemas en la estaca.....	21
f.- Sustancias reguladoras de crecimiento.....	21
g.- Cofactores de enraizamiento.....	22

B. Condiciones externas.....	22
a.- Ambientales.....	22
a.1.- Relaciones con el agua.....	23
a.2.- Temperatura.....	23
a.3.- Luz.....	24
b.- Tratamientos de las estacas.....	24
b.1.- Aplicación de reguladores de crecimiento.....	24
b.2.- Nutrientes minerales.....	25
b.3.- Fungicidas.....	25
b.4.- Lesionado.....	26
1.7.- Características botánicas del cotoneaster.....	27
1.7.1.- Descripción.....	27
1.7.2.- Propagación por semillas.....	28
1.7.3.- Propagación por estacas.....	28
2.- Alternativas técnicas.....	29
2.1.- En las estructuras.....	29
2.2.- En los sistemas de calentamiento.....	29
2.3.- En los sistemas de nebulización.....	30
3.- Especificación de los insumos requeridos.....	31
3.1.- Estructura.....	31
3.2.- Cubierta.....	32
3.3.- Sistemas de nebulización.....	33
3.4.- Sistema de calentamiento.....	34
3.5.- Herramientas utilizadas en la construcción de la cámara.....	35
4.- Infraestructura.....	36
4.1.- Distribución en el terreno.....	36
5.- Proyectos complementarios de ingeniería.....	36
5.1.- Descripción del armado y colocación la estructura.....	36
5.2.- Colocación de la cubierta.....	37
5.3.- Instalación del sistema de nebulización.....	37
5.4.- Instalación del sistema de calentamiento.....	38
5.5.- Suministro de energía eléctrica.....	40
5.6.- Suministro de agua.....	40
5.7.- Drenaje.....	40
6.- Producto terminado.....	41
6.1.- Especificaciones.....	41
6.2.- Rendimientos estimados de producción.....	41
6.3.- Personal necesario para operación de la cámara.....	

7.- Flexibilidad en la capacidad de producción.....	41
7.1.- Posibilidades de ampliación.....	42
IV. Inversiones.....	42
1.- Costos de materiales y equipo.....	42
2.- Costos de construcción.....	42
3.- Costos de instalación.....	42
4.- Financiamiento.....	42
V. Evaluación.....	43
1.- Funcionamiento del equipo.....	43
1.1.- Estructura.....	43
1.2.- Cubierta.....	43
1.2.1.- Cortinas.....	44
1.3.- Sistema de calentamiento.....	44
1.3.1.- Interruptor.....	44
1.3.2.- Termostato.....	44
1.3.3.- Transformador.....	44
1.3.4.- Resistencia.....	45
1.4.- Sistema de nebulización.....	45
1.4.1.-Bomba.....	45
1.4.2.- Filtro.....	45
1.4.3.- Tuberías, mangueras y conexiones.....	45
1.4.4.- Boquillas.....	45
1.4.5.- Temporizadores.....	46
2.- Eficiencia en el enraizamiento.....	46
2.1.- Metodología.....	47
2.2.- Establecimiento de tratamientos.....	47
2.3.- Construcción del contenedor del medio de enraice de la cámara de propagación.....	47
2.4.- Elección y colocación de medio de enraice.....	48
2.5.- Obtención del material vegetativo.....	48
2.6.- Montaje del experimento.....	48
2.7.- Condiciones ambientales.....	49
2.7.1.- Humedad relativa.....	49
2.7.2.- Temperaturas.....	49
2.7.3.- Ventilación.....	50

RESUMEN.

Se diseñó una cámara de propagación de plantas con nebulización intermitente y calor de fondo, después de evaluar cuales materiales cumplían con el requisito de existencia en el mercado nacional, funcionalidad y economía. Se construyó la cámara con el siguiente equipo :

- a) Sistema de nebulización intermitente a base de boquillas deflectoras una bomba de 1/4 de H.P. y dos temporizadores; y
- b) Sistema de calentamiento automático a base de una resistencia de bajo costo, un transformador y un termostato.

La evaluación se efectuó mediante el establecimiento de un experimento en el cual se evaluaron 3 tratamientos diferentes (con nebulización y calor de fondo, con nebulización sin calor de fondo y sin nebulización sin calor de fondo) para el enraizamiento de estacas de cotoneaster (*Cotoneaster pannosa*).

Los resultados muestran una marcada diferencia entre los porcentajes de enraizamiento, siendo el más alto el tratamiento con nebulización y calor de fondo.

I. INTRODUCCIÓN

Siempre ha sido necesario para el hombre crear métodos más eficientes de producción tanto de alimentos como de otros satisfactores. Desde el nacimiento de la agricultura, el objetivo primordial ha sido conseguir la maximización de resultados a través de un empleo menor de recursos; es así que el hombre diseñó las primeras herramientas que lo auxiliaron en el desarrollo de sus labores a fin de poder disponer de tiempo para otras actividades.

El uso de ramas, cestos, pieles, coas, herramientas y máquinas cada vez más completas y eficientes han permitido al hombre satisfacer las necesidades de una población cada vez más numerosa.

El avance y desarrollo de cada una de las ciencias y la unión de ellas con las técnicas para la solución de problemas prácticos, ha sido la puerta de acceso a un mundo donde el uso de instrumentos, equipo y maquinaria se hace cada vez más imprescindible.

Siendo la agricultura una actividad tan extensa, la requisición de este tipo de equipos y maquinaria es cada día mayor.

Dentro de la actividad agrícola la rama de la horticultura y en específico la propagación de plantas, es quizás una de las actividades que mayor uso hace de la técnica desarrollada.

El uso de invernaderos, bancos de propagación, climas artificiales, iluminación especial, calderas y modernas cámaras de propagación y crecimiento computarizadas son sólo algunos de los tantos equipos de los que se vale esta actividad para hacer más eficiente la propagación de plantas alimenticias, forestales, industriales y de ornato.

De las plantas arriba mencionadas las forestales y las de ornato, revisten gran importancia en los viveros gubernamentales, debido a que son utilizadas para la realización de reforestaciones masivas, tanto en áreas urbanas como rurales.

En la mayor parte de estos viveros los sistemas de producción son los que se han utilizado desde hace varios años, no cuentan con la infraestructura suficiente para cubrir la demanda de árboles que año con año se incrementa, muchas especies que podrían utilizarse como plantas adecuadas en la forestación no se propagan debido a que se han tomado como especies de difícil propagación.

El caso particular del vivero "Los Remedios" es un ejemplo de un tipo de vivero clásico en el cual se propagan especies forestales y de ornato de manera tradicional con el objetivo de fomentar la reforestación en las áreas del Parque Nacional "Los Remedios", en el Municipio de Naucalpan, Estado de México.

Existen en el parque varias especies que pueden ser aprovechadas para propagarlas en el vivero y utilizarlas después como plantas de reforestación o de ornato, tal es el caso del cotoneaster (*Cotoneaster pannosa*), un arbusto que crece de manera silvestre adaptándose muy bien a las condiciones edáficas y climáticas de la zona teniendo un alto potencial para ser utilizada como planta de ornato debido a que se presta muy bien para la formación de setos en las orillas de bardas, caminos y jardines.

De manera natural, esta especie se propaga por semillas siendo muy lento este proceso; debido a las características de la planta y con el objetivo primordial de obtener plantas más altas en menor tiempo, se ha pensado en la posibilidad de propagar la especie por medio de estacas de tallo haciendo uso de una cámara de propagación de plantas con nebulización intermitente y calor de fondo. Este equipo consiste básicamente de una estructura cerrada en la cual se tiene control del calor suministrado al medio de enraice y de la cantidad de agua aplicada a las plantas.

Los objetivos del presente trabajo fueron: diseñar y construir una cámara de propagación de plantas con nebulización intermitente y calor de fondo utilizando la infraestructura y materiales existentes en el vivero "Los Remedios" para reducir costos y sustituir en lo posible las importaciones. Además evaluar la eficiencia del equipo construido mediante el enraizamiento de estacas de tallo de madera semadura de cotoneaster (*Cotoneaster pannosa* Franch).

II.-LOCALIZACION

El proyecto se desarrolló en el vivero "Los Remedios" perteneciente al Centro de Formación Ambiental de la Procuraduría Federal del Medio Ambiente del Instituto Nacional de Ecología, el cual se encuentra ubicado en Av. de Los Remedios s/n Colonia Bosque de los Remedios en el municipio de Naucalpan de Juárez Edo. de México. Este vivero tiene como función básica la de producción de plantas forestales y de ornato para efectuar campañas de reforestación en las áreas que ocupa el Centro de Formación Ambiental del mismo Instituto y del Parque Nacional "Los Remedios".

III.- INGENIERIA DEL PROYECTO

1.- Investigaciones preliminares.

1.1.- Cámaras de propagación.

Mucho se ha hablado acerca de los beneficios obtenidos al usar cámaras de propagación de plantas y ha existido en ocasiones controversia en lo que respecta a la inversión, pero al efectuar observaciones directas del funcionamiento y al revisar la literatura (23, 21, 28, 47, 32) acerca del amplio margen de producción que presentan estos equipos con respecto a técnicas tradicionales, (23, 11, 33) se puede considerar que en la actualidad una cámara de propagación es indispensable en todos los invernaderos, principalmente en aquellos dedicados a la propagación de plantas consideradas como de difícil enraizamiento.

Las primeras cámaras de propagación de plantas consistían básicamente de dos partes: marco para contención del medio de enraice y una tapa o cubierta.

El marco debe tener una altura suficiente para poder colocar las charolas o medio de enraice y el material a propagar.

La cubierta debe ser fácilmente manejable para permitir desplazarla cómodamente.

Estas cámaras de propagación se diseñaron para colocarlas en el exterior y es por ello que los marcos se situaban directamente sobre el suelo.

El material usado en la construcción ha sido muy variado por ejemplo: tabiques, madera, hierro y cristal. Este tipo de cámaras únicamente permitían proteger el material propagado de la intemperie, pero no contaban con dispositivos que permitieran controlar temperaturas o humedades dentro de ellas. Comúnmente se les conoce como camas frías (42).

Si en lugar de marco se utiliza un contenedor con una estructura que permita sostener un plástico que actúe como cubierta entonces se tendrá una mini unidad de propagación, la cual al igual que las modernas cámaras de propagación se podrá tener dentro de un invernadero (8).

En la actualidad las cámaras de propagación cuentan con diferentes dispositivos que permiten controlar la temperatura del medio de enraice y la humedad relativa dentro de la cámara, (11) menciona los siguientes sistemas en una cámara de laboratorio para enraizar estacas:

- a) Sistema de ventilación (aire acondicionado).
- b) Sistema de aire comprimido para la atomización del agua.
- c) Sistema de drenaje.
- d) Sistema de calentamiento del medio de enraice a base de cables y termostato.
- e) Sistema de iluminación con lámparas incandescentes.

En los equipos menos sofisticados no existen los sistemas de ventilación de aire acondicionado ni los de iluminación artificial siendo básicos en todos los sistemas de calentamiento y atomización o nebulización del agua.

1.2 Sistemas de calentamiento

No se tiene una fecha exacta que determine cuando se inició el uso de materiales para lograr calentar un sustrato que sirviera como medio de enraice, sin embargo, existen noticias acerca de los materiales que se han venido utilizando para tal fin. Mahlstede en 1957 y Pidi en 1981 reportan el uso de estiércol fresco de equino y de otros animales como fuente de abastecimiento de calor para el suelo, en el cual se podrían germinar semillas; los propagadores notaron que un aumento de la temperatura en el suelo tenía un efecto benéfico, el cual se traducía en un índice más alto de germinación y un acortamiento en la duración del período siembra-germinación.

Pidi (1981) reporta las siguientes estimaciones de temperatura al usar diferentes tipos de estiércol.

TIPO DE ESTIERCOL	TEMPERATURA MAXIMA	TEMPERATURA ESTABILIZADA	TIEMPO DE ESTABILIZACION
Equino	76°C	40°C	36 días
Ovino	60°C	20°C	60 días
Bovino	50°C	30°C	35 días

Como se observa en el cuadro 1 los períodos de germinación son afectados por el tipo de estiércol que se usa para calentar el sustrato; las temperaturas varían según la característica del estiércol y dependen de: la especie animal, edad y mezclas o desechos que reciba el estiércol.

Al notar los beneficios que se obtenían gracias al uso de calor producido por la fermentación del estiércol para la germinación de semillas, la práctica se amplió para abarcar el enraizamiento de estacas o tallos de plantas que no se podían propagar por semillas o presentaban dificultad para hacerlo; de esta manera la técnica se fue perfeccionando al igual que los equipos, estructuras y fuentes de calor utilizadas para tal fin (39, 33).

En 1957 Mahlstedt realizó la primera clasificación de los equipos que contaban con alguna forma de suministro de calor de fondo, a los cuales llamó comúnmente "camas calientes", (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de las camas calientes por el material utilizado como fuente de calentamiento (Mahlstedt, 1957)	
FUENTE DE CALOR	PERIODO DE DURACION DE LA CAMA CALIENTE
Estiércol	Temporal, permanente
Plantas de maíz fresco picado	Temporal, permanente
Vapor	Permanente
Agua caliente	Permanente
Humo	Permanente
Electricidad	Permanente

1.2.1 Calentamiento por estiércol

Las camas de este tipo se basan en el principio de liberación de energía calorífica desprendida por las reacciones químicas de la fermentación del estiércol. Su construcción se limita a un marco de madera o tabique de 50-60 centímetros de alto, cubierto mediante una tapa o techo de vidrio o plástico, enmarcado con madera o algún otro material.

Generalmente este tipo de cama se establece al aire libre y se hallan enterradas en el suelo, siendo de madera cuando son temporales y de tabique o concreto cuando son permanentes. En el fondo de la estructura se coloca una capa de 30-40 centímetros de estiércol, sobre ella una película de plástico y al final una capa de 10 a 15 centímetros de medio de enraice (33, 39).

1.2.2 Calentamiento por plantas de maíz fresco picado.

Funciona bajo el mismo principio que las anteriores con la variante de que aquí el material que actúa como liberador de calor son las plantas de maíz fresco picado, las cuales actúan de manera similar a un ensilaje.

La construcción es la misma que en las camas anteriores, pero las capas de materiales usadas en el fondo se acomodan como sigue:

Una capa de 70 centímetros de picadura de maíz fresco

- a) Una capa de 5 centímetros de estiércol fresco
- b) Una película plástica
- c) Una capa de 10-15 centímetros de medio de enraice.

Generalmente la temperatura de este material se estabiliza en 32°C.

Se pueden emplear cualquier otro tipo de plantas cuando no se dispone de maíz y el estiércol se puede sustituir por algún fertilizante nitrogenado. La picadura vegetal debe ser humedecida para que empiece la fermentación (33).

1.2.3 Calentamiento por vapor de agua

En estas camas, el calor es transferido al medio de enraice a partir de tubos metálicos que corren por debajo de él; este sistema debe contar con una caldera que haga ebullición el agua hasta vaporizarla y por medio de bajas presiones se hace circular por la tubería; debido a sus características el sistema ocupa un área considerable, lo cual debe tomarse en cuenta cuando los locales de propagación son pequeños (33).

1.2.4 Calentamiento por agua caliente

A partir de una caldera o un calentador de agua para baño, se hace fluir agua caliente a través de una tubería colocada de manera similar a la del vapor, la circulación del agua puede darse en dos formas:

- a) Por gravedad, colocando el calentador a una altura adecuada.
- b) Por medio de la presión obtenida de una bomba.

Comparado con las cámaras anteriores este tipo de cámara ofrece un control más eficiente de la temperatura y acoplado un termostato al sistema, este puede automatizarse por completo (33).

Existen compañías que ofrecen paquetes completos para establecer este tipo de equipo (1).

1.2.5 Calentamiento por medio de humo

Este sistema es poco común y cayó en desuso debido a las instalaciones que requería, al mantenimiento y al manejo necesario.

A partir de una chimenea se acoplan tubos que corren por debajo del medio de enraice de la cámara de propagación, la cual por lo general, no va más allá de 1.8 metros de largo y 0.8 metros de ancho debido a la pérdida de calor que se da con la distancia (33).

1.2.6 Calentamiento por electricidad

Con el incremento en la disponibilidad de la electricidad, los métodos de calentamiento anteriores se han visto reemplazados por el calentamiento efectuado por cables.

Este tipo de cámaras funcionan bajo el principio de un corto circuito provocado al hacer fluir la electricidad en un cable, el cual actúa como resistencia liberando calor.

Las camas que funcionan bajo este sistema, son generalmente estructuras permanentes y son las más utilizadas en la actualidad, el auge de este sistema se presentó en los Estados Unidos en el período 1955 - 1960.

Las estructuras varían en tamaño, material de construcción y en el elemento usado como resistencia, pero en general el armado y construcción es el siguiente:

En una cama de propagación de una profundidad de 60 centímetros aproximadamente, se coloca una capa de 10 a 15 centímetros de tezontle u otro material que tenga buen drenaje a continuación una capa de 5 a 7 centímetros de arena y sobre ésta una malla plástica. Una vez hecho esto se colocan de 3 a 5 centímetros de medio de enraice y sobre éste el cable que actuará como resistencia para finalizar con una capa de 12 centímetros de medio de enraice.

Los cables de fábrica suelen venir recubiertos de plástico para alargar su vida útil y prevenir accidentes, aunque también puede utilizarse alambre galvanizado.

Cuando se usan cables cubiertos de asbesto que debido a sus características, no pueden estar en contacto directo con el medio de enraice, éstos se colocan en una sección separada justo debajo del medio, la separación se logra mediante una lámina.

Con estas estructuras se forma un pequeño horno y el calor llega al medio de enraice por difusión, calentándose primeramente la lámina, la cual debe tener una inclinación adecuada para el escurrimiento de posibles excesos de agua (39, 33, 42, 23).

El calor suministrado está regulado por un termostato cuyo bulbo sensor se entierra a una profundidad igual a la base de las estacas; esto, además de permitir un control total de la temperatura, hace posible la automatización del sistema.

Son muchos los ensayos y prácticas exitosas que se han llevado a cabo utilizando este sistema para la propagación de estacas. Davis, T. (1991) reporta enraizamientos del 96 al 100% de estacas de *Hamelia patens* cuando se usó calor de fondo, obteniéndose enraizamientos del 50% cuando la misma especie se propagó sin calor de fondo.

Stuebaker (1980) reporta un acortamiento del periodo de enraizamiento hasta del 50% al propagar estacas de diferentes ejemplares ornamentales de *Taxus* sp. Al comparar el método de calor de fondo con una propagación sin calor de fondo, el enraizamiento con calor de fondo produjo los mejores ejemplares.

Otros estudios que reportan el uso de calor de fondo para propagar estacas son:

- Howard F. 1990, reporta el uso de calor de fondo para enraizar estacas de madera dura de varias especies frutales y ornamentales.

- Myers (1990) propaga estacas de abeto utilizando esta técnica.

1.3 Sistemas de nebulización

Una vez que se establecieron los sistemas de calor de fondo, surgió el problema de secado excesivo de las estacas debido a la evaporación que sufría el agua por el calor desprendido por la resistencia.

Fue por esta causa que se pensó en la necesidad de suministrar agua de manera constante a las estacas que se querían enraizar; este suministro de agua debería tener como característica primordial la rehidratación rápida de las hojas y de la base de las estacas. Esto es, no debería ser riego directo al medio de enraice, por el contrario, el agua debería estar en contacto directo con las hojas de las estacas (43, 11, 33).

1.3.1 Sistemas de nebulización manuales

Los primeros sistemas utilizados no eran precisamente nebulizadores, ya que no existían equipos que pudieran dividir a tamaño de niebla una gota de agua. Se trataba mejor dicho de aspersiones hechas con bombas manuales.

El desarrollo de boquillas más eficientes, pudo hacer posible la formación de nieblas dentro de la cámara de propagación.

Un sistema de nebulización manual consta de los siguientes elementos (11, 43, 23):

- a) Una línea de conducción, manguera, tubo de PVC o hierro galvanizado
- b) Boquillas deflectoras o de tipo quemador de aceite
- c) Filtro de paso
- d) Bomba para aumentar la presión de la línea o bien un tanque elevado
- e) Válvula de compuerta o llave de paso

Estos sistemas de nebulización son continuos, esto es, la aplicación de la niebla se ve interrumpida sólo cuando se cierra la llave de paso.

Davis (1968) cita a los siguientes investigadores como los primeros en utilizar sistemas de nebulización continua en la propagación de estacas:

- Spencer, reporta el uso de nebulización en la propagación de estacas de cacao en 1936.
- Raines en 1940 utiliza una cámara con nebulización para enraizar estacas con hojas.
- Gardner en 1941 obtiene excelentes resultados al propagar estacas de madera suave bajo niebla.

1.3.2 Sistemas de nebulización semiautomáticos

Una vez establecido el sistema de nebulización, surge como problema principal el gasto excesivo de agua debido a la continuidad en el funcionamiento de la nebulizadora.

De esta forma, en años posteriores se realizan estudios que permiten desarrollar un sistema que suministra el agua a las estacas, en intervalos de tiempo suficientemente cercanos para evitar el marchitamiento (43)

Surge como alternativa el uso de sistema de niebla intermitente. Este sistema es el más utilizado en la actualidad y consiste básicamente de los siguientes elementos (23, 11, 43, 33):

- a) Un temporizador (regulador de tiempo cíclico) de 24 horas
- b) Un temporizador minutos-segundos.
- c) Una válvula solenoide (cuando se tiene tanque elevado o se cuenta con suficiente presión de agua en la línea)
- d) Una bomba (en caso de baja presión)
- e) Boquillas nebulizadoras
- f) Un filtro de paso
- g) Conexiones y tubería

El primero de los temporizadores se encarga de encender el sistema el tiempo necesario durante el día y apagarlo por la noche.

El segundo de ellos permite el funcionamiento intermitente; este temporizador tiene dos controles uno de los cuales determina el tiempo entre nebulización (pausa) y el otro determina la duración de las mismas (pulso).

La solenoide es una válvula operada eléctricamente, usada para controlar el paso de agua a través del sistema. Las válvulas solenoides son de dos tipos: abiertas o cerradas. La primera de ellas está diseñada para que el agua siga fluyendo por la tubería cuando no hay corriente eléctrica; cuando se aplica corriente al solenoide la válvula se cierra.

En la segunda de ellas el funcionamiento es contrario. La ventaja que existe al usar la primera, es que en caso de falla en el suministro de energía eléctrica la niebla se aplicará de manera continua, lo cual evitará posibles marchitamientos.

Cuando no existe presión suficiente en la línea de suministro de agua se hace uso de una bomba, la capacidad de ésta dependerá del número de boquillas que tenga el sistema y la ubicación del tanque de suministro de agua.

Para evitar, que las boquillas se obstruyan se utiliza un filtro de línea de 100 mallas, el cual tiene una derivación que permite desechar las impurezas colectadas. Este filtro se instala antes de la válvula solenoide o en su caso antes de las boquillas nebulizadoras.

Las boquillas nebulizadoras producen la niebla por dos métodos diferentes; las boquillas deflectoras forman la niebla cuando el agua sale por el orificio de la boquilla y se estrella en una placa deflectora. Las boquillas de tipo quemador de aceite forman la niebla debido a las canaletas en espiral que tienen en el interior, el área de cobertura y los gastos varían según el modelo de boquilla.

En equipos más recientes, los temporizadores tipo reloj han sido sustituidos por relojes digitales computarizados.

Existen compañías en el extranjero que venden paquetes de sistemas de nebulización listos para instalarse (12).

Algunos estudios realizados utilizando la nebulización intermitente son:

Gordon I. (1988) evaluó la diferencia de presión de vapor en un sistema de nebulización intermitente encontrando que en éste la presión es de 2 a 3 veces mayor que en sistemas sin nebulización, lo cual trae como consecuencia que en los primeros la transpiración se reduzca.

Giacomelli G. (1989) reportó el uso de nebulización para lograr enfriamientos en las cámaras de propagación.

En el cuadro 3 se enlistan las especies que se han propagado utilizando el sistema de nebulización intermitente, también se señala el autor del experimento y la fecha en la cual se publicó.

En el cuadro 4 se clasifican algunos estudios en los que se ha utilizado nebulización y calor de fondo para la propagación por medio de estacas.

CUADRO 3. Especies propagadas bajo sistema de nebulización intermitente

AUTOR	AÑO	ESPECIE PROPAGADA
Maynard B. (36)	1992	<i>Cornus rugosa</i>
Henry P. (24)	1992	<i>Amelanchier virginiana</i>
Altman A. (4)	1988	Crisantemo, <i>Kalanchoe</i>
Denton J. (13)	1987	<i>Azaleas y climatis</i>
Mason W. (35)	1987	<i>Picea sitchensis</i>
Gupta V. (22)	1986	<i>Taxus montana</i>
Pandey D. (41)	1989	Olivo
Scill S. (43)	1991	<i>Amelanchier laevis</i>
Keefer G. (31)	1989	Tronco, <i>Ilex sp</i>
Horrel B. (26)	1989	<i>Eleocharis hookeriana</i>
Chong C. (10)	1989	Tronco
Howard F. (27)	1990	<i>Solidago nemoralis</i>
Wang Y. (47)	1989	Bel

CUADRO 4. Especies propagadas bajo el sistema de nebulización intermitente y calor de fondo

AUTOR	AÑO	ESPECIE PROPAGADA
Moulin J. (37)	1988	<i>Quercus sp</i>
Howard B. (28)	1990	<i>Acacia salicoides</i>
Allan P. (3)	1990	<i>Papaya</i>
Iglesias L. (30)	1988	Castaño
Feldman W. (15)	1986	Jajoba
Myers J. (38)	1990	Abeto

1.3.3 Sistemas automáticos de nebulización.

Estos sistemas son más sofisticados que los anteriores, trabajan bajo el principio de evaporación del agua (hoja electrónica y balanza de malla) o bien debido a la intensidad de la luz relacionada con la evaporación (solatrol o celda fotoeléctrica).

1.3.3.1 Hoja electrónica.

Fue diseñada por Harvey Templeton en 1953 y desarrollada posteriormente por Charles Hess (33).

La hoja electrónica regula el ciclo de nebulización para suministrar humedad uniforme a la superficie de las hojas.

Este sistema está compuesto de una pieza de plástico (la hoja) con dos electrodos y una unidad de control conectada a una válvula solenoide. La hoja electrónica opera bajo el principio de que la humedad puede evaporarse de la superficie de la hoja de plástico en un período de tiempo igual al de la superficie de las hojas de las estacas. Cuando la humedad se evapora y el contacto entre los dos electrodos se rompe, la válvula solenoide se activa encendiendo la nebulización. Cuando se restablece una película de agua entre los dos puntos de contacto, la nebulización se apaga.

Debe tenerse cuidado de la mineralización que puede sufrir la hoja y los electrodos, los cuales deberán limpiarse periódicamente, de igual manera deberá cuidarse la colocación del dispositivo dentro de la cámara de propagación, si se coloca muy cerca de las boquillas, la frecuencia de las aspersiones se reduce pudiendo esto llevar a un marchitamiento prematuro en las estacas (43).

Davis (1968) cita a Sweet y Carlson, quienes en 1955 planearon una cámara de propagación con nebulización intermitente usando el sistema de hoja electrónica.

1.3.3.2 Balanza de malla o "Mist-a-matic".

Este sistema de control trabaja sobre el principio de peso. Cuando cae suficientemente agua sobre una pequeña malla de acero inoxidable, la malla baja activando un contacto de mercurio el cual cierra una válvula solenoide desactivando la niebla. Cuando el agua se evapora y la malla de acero inoxidable se seca, la malla se levanta y la nebulización empieza a funcionar. Este dispositivo de control se encuentra relativamente fuera de mantenimiento. Sin embargo, como con la hoja electrónica, la sal acumulada sobre la malla puede afectar la operación de este dispositivo de control (43).

1.3.3.3 Solatrol o celda fotoeléctrica.

La celda fotoeléctrica de este dispositivo activa a un contador magnético que carga a un condensador de acuerdo a la intensidad de luz. Después de cierto tiempo, la válvula solenoide se activa. Entre mayor sea la intensidad luminosa, más frecuentes serán las aplicaciones de niebla (23).

1.4 Sistemas de humidificación.

Los sistemas de humidificación operan bajo un mismo principio general. Se usa la fuerza centrífuga para crear una alta presión en la línea de agua. El agua pasa de la tubería a las boquillas. La presión en la punta de la boquilla está en función de la velocidad rotacional y de la longitud de la boquilla. El rango de presión va de las 100 a las 600 libras por pulgada cuadrada. Entonces, al pasar a través de una pequeña abertura, el agua presurizada golpea contra la cabeza de un tornillo posicionado para atomizar el agua. La medida de las gotas resultantes puede variar de 5 a 50 micrones de una fina neblina a una niebla. Un fluxómetro regula la cantidad de agua que descarga el sistema (2).

Las partes básicas de un humidificador son:

- a) Ventilador eléctrico para dispersar la niebla
- b) Bomba eléctrica para aumentar la presión en la línea
- c) Boquillas
- d) Motor eléctrico para rotación del humidificador
- e) Humidistato o temporizador para automatizar el sistema

Milbocker (1987) evaluó un sistema de humidificación para la propagación de estacas de especies leñosas ornamentales obteniendo buenos resultados y evitando un gasto excesivo de agua como en otros sistemas de nebulización.

1.5 Ventajas y desventajas en el uso de la nebulización.

Dentro de las más importantes ventajas (23, 43) en el uso de la nebulización se encuentran:

- a) Se puede conservar un mayor número de horas por estacas (mayor área foliar) lo cual trae como beneficio una mayor producción de carbohidratos útiles en la producción de raíces.
- b) Muchas estacas herbáceas pueden propagarse en sus primeras etapas de crecimiento sin temor a que se sequen por falta de humedad.
- c) Se pueden propagar estacas aún bajo fuertes intensidades de luz ya que en algunos casos la niebla actúa como sombreado.

El mantener una alta humedad relativa durante el proceso de enraizamiento, suministra un enfriamiento debido a la evaporación del agua que se encuentra sobre

las hojas de las estacas, con lo cual se reduce la respiración y la transpiración evitando así el marchitamiento.

- d) En muchas especies se ha reducido el tiempo de enraizamiento (al compararlos con otros sistemas sin nebulización).
- e) Se pueden aplicar nutrientes con la nebulización evitando así la fertilización manual.

Sin embargo, el sistema de nebulización tiene algunas desventajas (23), entre las que se encuentran:

- a) Posibles lixiviaciones de nutrientes de las hojas cuando no se emplea niebla nutricional.

Gastos excesivos de agua en sistemas de nebulización continúa

- b) Modificación del pH del medio de enraice cuando se utiliza agua con un alto contenido en sales.
- c) Aparición de algas en el medio de enraice o de pudriciones en las estacas debido a un mal drenaje, a la aplicación excesiva de niebla o por falta de uso de algicidas o fungicidas.
- d) Costo inicial de medio a alto, según el sistema elegido

1.6 Técnicas de propagación

La propagación o multiplicación de plantas, es una actividad que el hombre ha desarrollado desde hace ya muchos años; las plantas necesarias para su alimentación, las plantas con flores llamativas o las medicinales, bien pudieron ser las primeras que el hombre se encargó de propagar.

Actualmente existen diversas formas de propagación y los autores las agrupan de muy distintas maneras, pero básicamente todas ellas se engloban en las siguientes categorías:

- a) Propagación sexual y,
- b) Propagación asexual.

1.6.1 Propagación sexual.

En la propagación sexual las plantas unen sus células sexuales femeninas y masculinas a través de sus órganos reproductores para formar estructuras de propagación conocidas comúnmente como semillas (23).

La propagación por semillas es una práctica llevada a cabo en la producción de muchos árboles y arbustos leñosos, también es el método más usado para propagar un

buen número de especies silvestres y cultivadas. No hay que olvidar que la mayor parte de los cereales y hortalizas consumidas por el hombre se propagan a través de semillas.

Aún cuando en la propagación de frutales se desea la formación de clones para evitar variaciones, los patrones para realizar los injertos son obtenidos por semillas.

Sin embargo para realizar la propagación de plantas mediante el uso de semillas, es necesario conocer cuáles son los factores que intervienen en la germinación para de esta forma manejarlos de la manera más adecuada y poder tener éxito en la reproducción de plantas.

Muchas semillas presentan características propias que les impiden germinar sin un tratamiento previo, algunas otras prefieren determinadas condiciones de luz, temperatura y humedad en el medio que las rodea para poder germinar.

En suma se puede decir que no sólo basta con sembrar una semilla para obtener una planta, sino que se deberán crear las condiciones propicias para lograr reactivar el metabolismo de la semilla y lograr su germinación.

1.6.2 Propagación asexual.

La propagación asexual de plantas consiste en la obtención de una planta a partir de un órgano vegetal o parte de éste, tal como un tallo, hoja, raíz o bien una célula.

Esta actividad se basa en la capacidad que tienen las plantas superiores de regenerar los órganos faltantes, así una raíz puede generar un nuevo tallo, un tallo a su vez puede generar raíces y hojas nuevas y una hoja puede producir tallos y raíces.

Una técnica reciente en la propagación de plantas es el cultivo de tejidos, la cual consiste en obtener una pequeña sección de una planta ya sea un ápice o un meristemo o bien una célula para generar una planta nueva (2).

Debido a que la propagación asexual implica una división mitótica de las células, las plantas obtenidas serán idénticas a sus progenitores, esto es, se formará un clon término que puede definirse como el conjunto de plantas obtenidas por método vegetativo exclusivamente y que presentan características idénticas entre ellas y la planta que les dio origen (23).

Dentro de los aspectos más importantes por los cuales se hace uso de la propagación asexual de plantas se encuentran: (23)

1. Conservar el genotipo de las especies de importancia (frutales u ornamentales) el cual se pierde en la reproducción por semilla.

2. Conservar plantas que producen semillas no viables y no disponen de otros métodos de propagación.
3. Acortar el ciclo de producción de las plantas.

Los principales tipos de propagación asexual se mencionan en el cuadro 5.

CUADRO 5. Tipos de propagación asexual	
NOMBRE	PARTE DE LA PLANTA QUE SE USA
Estacas	Hojas Raíces Tallos
Acodo	Tallos
Hijuelos	Plantas jóvenes
División	Plantas jóvenes
Conzos	Tallos
Rizomas	Tallos
Estolones	Tallos
Bulbos	Tallos

1.6.2.1 Propagación por estacas.

La propagación asexual o vegetativa de plantas por medio de estacas, es una parte muy importante en la horticultura. Las técnicas asexuales buscan incrementar el número de plantas para que los propágulos sean genéticamente idénticos a sus padres.

Esta es la principal diferencia con la propagación sexual en la cual permanece el potencial para la variación genética.

El objetivo principal de la propagación por estacas es el de renovar, regenerar y multiplicar plantas que tengan las mismas características usando para ello una parte de tejido.

Las estacas pueden ser de tallo, hoja o de tejidos radicales, la técnica busca regenerar las partes de la planta que faltan (hojas, raíces o tallos).

En el caso de las estacas de tallo y hoja, como las estacas se toman de una planta que tiene un sistema radicular funcional, el problema mayor consiste en cómo suministrar agua a los tejidos de las hojas o tallos para que puedan continuar evapotranspirando (23).

La clasificación de las estacas varía según el autor, pero en general se agrupan como se indica en el cuadro 6.

CUADRO 6. Clasificación de estacas	
PARTE DE LA PLANTA QUE SE UTILIZA	TIPO DE ESTACA
Hoja	de hoja
Raíz	de raíz
Tallo	de madera dura de maderas suaves herbáceas

a) Estaca de hoja.

Algunas especies vegetales como la begonia, peperomia y la violeta africana pueden propagarse usando estacas de hoja.

Las estacas de hoja pueden ser pecioladas o sésiles como es el caso de la sansiveria.

En caso de usar hojas pecioladas se recomienda que el peciolo no mida más de 4 cm. para que al colocarlo en el medio de enraice, la hoja quede bien firme.

Las hojas de la begonia y de la sansiveria pueden cortarse en trozos pequeños y de cada uno de ellos obtener una nueva planta.

El método es sencillo, se eligen hojas sanas, se cortan de la planta madre y se colocan en el medio de enraice. El tiempo de enraice varía según la especie.

Un tipo especial de estaca de hoja es aquel en el que además, se deja en la base del peciolo la yema axilar que se encuentra en ella y un pequeño trozo de tallo de 2 a 4 centímetros. Este tipo de estaca se emplea para propagar hiedra inglesa, uvacrespa, geranio, filodendro y hortensias (23, 17)

b) Estacas de raíz

Se emplean en la propagación de plantas leñosas y algunos frutales.

Las estacas deben obtenerse de plantas jóvenes en la temporada de reposo, cuando las raíces tienen una buena reserva de carbohidratos.

El largo de la estaca de raíz debe ser de 10 cm., pero en plantas como el flox, las anémonas y gaillardias pueden ser más pequeñas.

Una vez obtenidas las estacas se recomienda colocarlas en camas frías para obtener buenos resultados (23, 17).

c.1 Estacas de tallo de madera dura.

En las especies deciduas, se deben obtener las estacas en la temporada de reposo usando ramas del crecimiento anterior, aunque en algunos casos pueden ser ramas más viejas.

El largo de la estaca varía entre 10 y 30 cm. y en especies como el sauce pueden llegar hasta los 90 cm.

El diámetro recomendable es de 1 cm. y la estaca deberá tener dos nudos como mínimo. En este tipo de estaca por lo general se eliminan todas las hojas.

En las especies perennes, las estacas miden de 10 a 20 cm. y en ellas sólo se eliminan las hojas de una tercera parte en la base.

Este tipo de estacas se obtienen a principios de invierno tomándose de las partes altas de las ramas del crecimiento anterior.

Muchas coníferas como el abeto, pino, falso ciprés y juníperos se pueden propagar por este método (23, 17)

c.2 Estacas de madera semidura

Las azaleas, ebónimos, camelias y otras especies ornamentales pueden propagarse tomando estacas de madera semidura a mediados del verano.

La longitud de la estaca varía de 8 a 15 cm. según la especie. Se deben elegir ramas terminales o laterales; a las estacas se les eliminan las hojas de la tercera parte inferior.

Si las hojas restantes son muy grandes se les puede cortar parte de la lámina foliar con el fin de reducir la pérdida de humedad por evapotranspiración excesiva (23, 17).

c.3 Estacas herbáceas

Reciben ese nombre debido a que son preparadas de ramas suaves y suculentas. Los crisantemos, hortensias, fucsias, geranios, piracantos, magnolias y cotoneasters se propagan utilizando este tipo de estacas.

Las estacas deben medir entre 8 y 13 cm. y se deben seguir las recomendaciones dadas para las estacas de madera semidura (23, 17).

1.6.2.1.1 Factores que influyen en el enraizamiento de estacas

Existen varios factores que influyen en la formación de raíces cuando se realizan trabajos de propagación por medio de estacas.

Aunque estos factores se han estudiado en su mayoría, no todas las observaciones y técnicas derivadas de los estudios pueden aplicarse a todas las especies. Es por ello que se deberá consultar información específica sobre una especie en particular cuando ésta se quiera propagar.

A. Características de la especie

a) Condiciones fisiológicas de la planta madre

Se ha demostrado en varias especies que los mejores enraizamientos de estacas se logran cuando las plantas madres están bien hidratadas y las ramas de las que se obtiene el material tienen buenas reservas de carbohidratos y contenidos moderados de nitrógeno en los tejidos.

Estas condiciones se logran dando un manejo anterior adecuado en el riego y la fertilización.

Deberá también observarse la fitosanidad de las plantas madres, las cuales deberán estar libres de plagas y enfermedades (23).

b) Factor juvenilidad

La edad de la planta madre tiene mucha influencia en el éxito del enraizamiento de estacas. Se han evaluado diferentes especies a fin de conocer en que período de su vida las plantas madres producen un mejor material susceptible de ser enraizado, y en muchos casos se demostró que el material tomado de crecimientos juveniles fue el que mejor enraizó.

Existe la posibilidad de que la reducción del potencial de enraizamiento con la edad sea resultado de una disminución del contenido de compuestos fenólicos, los cuales actúan como cofactores sinérgicos de la auxina en la iniciación de raíces (42).

c) Tipo de madera seleccionada

Se han realizado estudios que han demostrado que la capacidad de enraizamiento puede verse influenciada por el tipo de madera que se selecciona para obtener las estacas, diferencias entre ramas laterales y terminales, entre diversas partes de la rama, y la condición fisiológica en la que se encuentran (por ejemplo, crecimiento vegetativo o floración) han sido analizadas y se ha demostrado que en plantas de fácil enraizamiento no son determinantes pero en especies de difícil enraizamiento pueden ser el factor decisivo para lograr la propagación (33).

Se puede afirmar que la mayoría de las especies presentan un mejor enraizamiento cuando el material se obtiene de ramas en desarrollo vegetativo. La explicación probable es que la concentración de auxinas en el momento de tomar el material sea alta (17).

d) Época del año

La época del año en la que se obtiene el material para propagar está muy relacionada con la etapa fisiológica por la que pasa la planta madre.

Generalmente en especies deciduas es posible tomar estacas de madera dura durante otoño e invierno; las estacas de madera suave se obtienen en primavera. Las plantas siempre verdes de hoja angosta se propagan mejor si las estacas se obtienen del otoño a fines del invierno. Las especies siempre verdes de hoja ancha se propagan mejor cuando las estacas se toman entre la primavera y el otoño (42).

e) Presencia de hojas y yemas en la estaca

En los estudios realizados para evaluar estas variables se ha encontrado que los mejores resultados de enraizamiento se han obtenido de las estacas que tienen hojas y/o yemas.

Fisiológicamente esto puede explicarse debido a que las yemas producen una sustancia diferente a las auxinas aún no identificada que es esencial en la formación de raíces. Esta sustancia es transportada en el floema a la base de las estacas donde se estimula la producción de raíces.

Por su parte la presencia de hojas contribuye notablemente a la regeneración de raíces debido a que son generadoras de carbohidratos y auxinas, las cuales son transportadas del ápice de la hoja a la base de las estacas proporcionando las reservas necesarias para el enraizamiento (42).

f) Sustancias reguladoras de crecimiento en la estaca

En el proceso de iniciación de raíces intervienen diferentes sustancias de ocurrencia natural. Entre las más estudiadas se encuentra:

- ◆ Auxinas: Intervienen en el crecimiento del tallo, formación de raíces, inhibición de yemas laterales, abscisión de hojas y frutos y en la activación de las células del cambium (lugar de origen de las iniciales de raíz). Dentro de las auxinas se encuentra el ácido indol-3-acético que es de ocurrencia natural, al fabricarlo de manera sintética, se encontraron dos ácidos similares, el ácido indolbutírico y el ácido naftalanacético que aunque no son de ocurrencia natural, son más efectivos en la iniciación de raíces cuando se aplican de manera externa (33).
- ◆ Citokininas: Intervienen en el crecimiento y diferenciación de las células (una de las etapas de la formación de raíces) estimulan fuertemente en la iniciación de yemas, pero en altas concentraciones inhiben la formación de raíces (17).
- ◆ Giberelinas: Son sustancias de ocurrencia natural que participan en la elongación del tallo, regulando la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas. Al igual que las

citokinas en dosis altas inhiben la formación de raíces debido a su interferencia con los procesos de síntesis antes mencionados (23).

- ♦ **Ácido abscísico:** Aunque no se han estudiado a fondo los efectos de este material se sabe que puede actuar como inhibidor en la formación de raíces según sea su concentración.
- ♦ **Etileno:** Este material actúa como inductor en la producción de raíces en tejidos de tallos y hojas cuando se aplica en dosis bajas. La producción de etileno esta regulada por las auxinas (33).

g) Cofactores de enraizamiento

Son sustancias de ocurrencia natural que actúan sinérgicamente con el ácido indolacético.

Se han detectado cuatro cofactores, dos de los cuales han sido identificados como terpenoides oxigenados en un grupo y como ácido isolorogénico en otro.

Uno de los cofactores de enraizamiento probablemente sea el ácido abscísico que puede promover la iniciación de raíces antagonizando con las giberelinas, que en ciertas concentraciones inhiben la formación de raíces (42).

Entre las sustancias identificadas se encuentran: el fenolcatecol y el floroglucinol los cuales tienen como función inhibir la acción de la enzima oxidasa del ácido indolacético.

B. Condiciones externas

a) Ambientales

Otro conjunto de condiciones que afectan el enraizamiento de estacas en los trabajos de propagación son los factores externos. Estos, como su nombre lo indica, son aquellas condiciones que presenta el lugar o estructura donde se lleva a cabo la propagación, dichos factores se pueden agrupar en: temperatura, luz y presencia de humedad en cualquiera de sus formas (17).

Al igual que los factores intrínsecos de la especie, los factores ambientales son específicos para cada especie, esto significa que los factores que son buenos para determinada especie pueden no serlo para otra. Sin embargo, los estudios realizados han podido lograr avances que pueden considerarse como generales (23).

a.1.- Relaciones con el agua

Existen dos formas básicas para suministrar agua al material que se propaga: por medio del riego al medio de enraice y suministrando humedad indirectamente por medio de aspersiones, nebulizaciones o humidificaciones. El objetivo primordial de esta actividad es evitar el marchitamiento de las estacas (43).

Para lograr el enraizamiento de las estacas con hojas, es necesario que las células de éstas mantengan su turgencia y que tengan un potencial hídrico elevado. Es básico que los procesos de enraizamiento se orienten a ese fin. Se ha demostrado que potenciales hídricos muy negativos están asociados con enraizamientos pobres (33).

Al cortar una estaca de una planta madre, también se corta el suministro natural de agua; pero las funciones de respiración, transpiración y fotosíntesis continúan, lo cual hace que la poca agua existente en las estacas se pierda rápidamente aún cuando éstas tienen hojas (43).

Para reducir al mínimo la transpiración de las hojas, la presión de vapor de agua que las circunda debe mantenerse casi igual a la existente entre los espacios intercelulares (23).

Físicamente estos procesos se explican por medio de la osmosis y la evaporación.

Primero, una sustancia se mueve de un lugar donde está más concentrada a otro donde está menos concentrada, cuando existe una membrana semipermeable entre ellas se estará presentando el fenómeno de osmosis; es por ello que la cantidad de agua alrededor de la base y las hojas de las estacas deberá ser mayor o igual a la que se presenta en éstas.

Segundo, la evaporación de una sustancia se presenta cuando escapan un mayor número de moléculas de una sustancia al aire que la rodea, lo cual se presenta si el aire presenta una presión de vapor menor a la de la sustancia. Para evitar la evaporación de agua de las hojas, se deberá tener una presión de vapor de agua mayor en el aire que en los espacios intercelulares logrando con ello una disminución de la evaporación (9).

Entre las prácticas más comunes para lograr reducir la respiración, transpiración y evaporación, se encuentran: los riegos, la nebulización y el sombreado (42).

a.2 Temperatura

En el enraizamiento de estacas son igualmente importantes tanto la temperatura ambiental del local o estructura de propagación como la temperatura del medio de enraice.

Se ha observado que los mejores enraizamientos se logran cuando las temperaturas ambientales diurnas oscilan entre los 21 y 27°C disminuyendo a 15°C durante la noche. Temperaturas más elevadas tienden por un lado a estimular el desarrollo de yemas vegetativas antes que las raíces y por otro a aumentar la velocidad de respiración y transpiración, lo cual en conjunto, lleva a una mayor pérdida de agua.

Es muy importante que las raíces se desarrollen antes que las yemas, para lo cual es conveniente aplicar calor al medio de enraice (calor de fondo) (23), éste por lo general deberá estar 1°C por arriba de la temperatura ambiental.

a.3 Luz

La cantidad de luz en el proceso de enraizamiento es muy importante, se ha demostrado en muchos estudios que al aumentar la irradiación con lámparas fluorescentes hasta 116 watts/metro cuadrado, se obtienen mejores enraizamientos, esto se explica fácilmente ya que la luz es necesaria en el proceso de fotosíntesis el cual produce los carbohidratos necesarios para que de inicio la producción de raíces (33).

b. Tratamiento de las estacas

En muchas especies propagadas por medio de estacas, se aplican algunos tratamientos previos y/o durante el proceso de enraizamiento. Estas prácticas tienen como objetivos: lograr un mejor enraizamiento, reducir el tiempo de enraizamiento y conservar en buenas condiciones fisiológicas y fitosanitarias el material propagado.

b.1.- Aplicación de reguladores de crecimiento

Con la aplicación de sustancias reguladoras de crecimiento en estacas de difícil enraizamiento, se busca aumentar el porcentaje de estacas que forman raíces, acelerar la iniciación de ellas, aumentar el número y la calidad de las raíces producidas por estaca y uniformizar el enraizamiento. Las sustancias químicas que más se han utilizado como promotores de enraizamiento son: el ácido indolbutírico y el ácido naftalanacético, estas sustancias se expenden en presentación de polvo, líquido o cristales puros con los cuales pueden prepararse soluciones en las concentraciones que se requieran (42).

Los métodos de aplicación varían según la presentación y la concentración del producto. Cuando se usan formulaciones comerciales en talco, primero se humedecen las bases de las estacas para después sumergirlas directamente en el polvo, la cantidad que se adhiere es suficiente para lograr el objetivo, cuando se utilizan cristales puros o líquidos, se prepara la solución según indicaciones y después se sumerge en ella las bases de las estacas; como regla general a soluciones diluidas (de 20 a 200 ppm) corresponden tiempos de inmersión prolongados y a concentraciones hasta de 10,000 ppm corresponden tiempos de inmersión cortos (23).

Uno de los productos comerciales más utilizados para el enraizamiento de estacas es el RADIX F cuya presentación más común es el polvo, en concentraciones de 1,500, 5,000 y 10,000 ppm. La etiqueta del producto de 10,000 ppm garantiza:

10,000 ppm de ácido indol-3-butírico
300 ppm de ácido naftalanacético
40,000 ppm de N-triclorometilmercapto-4-ciclohexen-1,2-dicarboximido

El producto a 1,500 ppm se recomienda para el enraizamiento de estacas herbáceas mientras que el de mayor concentración se recomienda para estacas leñosas (4).

b.2 Nutrientos minerales

Se han efectuado diversos estudios para evaluar la influencia de los nutrientes en el proceso de enraizamiento, se ha encontrado que los compuestos nitrogenados como la asparragina, adenina, arginina y el sulfato de amonio tienen efectos benéficos en el enraizamiento de estacas de hibisco y rododendro, siempre y cuando se agregue una auxina, se cree que los compuestos nitrogenados intervienen en las interacciones hormonales de la estaca (17)

Otro compuesto evaluado fue el boro, el cual aunque no tiene efecto en la iniciación, aunque si interviene en el crecimiento de las raíces; este material actúa sinérgicamente con el IBA y se ha evaluado su función en estacas de acebo y frijol, los estudios indican que el boro actúa en procesos de oxidación, incrementando la movilización de ácidos cítricos e isocítricos ricos en nitrógeno a los tejidos de la base de las estacas (23).

b.3.- Fungicidas

Es aconsejable tratar las estacas con algún fungicida para evitar infecciones fúngicas. De acuerdo a su presentación, los métodos de aplicación de estos materiales pueden ser por inmersión en solución o aplicación de polvo a la base de las estacas, generalmente esta actividad se realiza al mismo tiempo que la aplicación de auxinas; inclusive, la mayoría de productos que sirven como promotores de enraizamiento y que se venden en formulaciones comerciales ya contienen fungicidas. Las sustancias comúnmente utilizadas son: benomyl al 5% y captan al 25% (23).

El captan 50 PH es un fungicida en polvo que comúnmente se emplea para prevenir enfermedades como la antracnosis, tizón, alternaria, mildiú y las comúnmente llamadas roñas; este material es el que contienen los enraizadores comerciales, en su composición. El captan garantiza como ingrediente activo: captan: Cis N ((triclorometil)io)-4 ciclohexen-1,2-dicarboximida 50% (4).

b.4.- Lesionado

En estacas de tuja, magnolia, acebo, rododendro y arce, se ha evaluado una práctica conocida como lesionado; dicha práctica consiste en rasgar con un instrumento cortante la corteza de la base de las estacas llegando hasta la madera. La herida en los tejidos estimula la división celular, la producción de etileno y una mayor acumulación de auxinas y carbohidratos lo cual en conjunto, estimula una mayor producción de primordios radicales (33).

1.7 Características botánicas del cotoneaster

Existen cotoneasters de varios portes y tallas, desde arbustos postrados hasta árboles de 6 metros. Las hojas pueden ser pequeñas o tener varios centímetros de largo, pueden ser perennes o caedizas. En los trabajos de jardinería, la planta se aprecia por el vistoso color de sus abundantes frutos y por las tonalidades de su follaje. La mayor parte de las plantas son resistentes y toleran los suelos pobres (25).

Dentro de las más de 40 especies de cotoneaster se pueden citar las siguientes (20):

CUADRO 7. Especies de cotoneaster más comunes
<i>Cotoneaster adpressus</i>
<i>C. alpinus</i>
<i>C. commutatus</i>
<i>C. diversus</i>
<i>C. frigidus</i>
<i>C. horizontalis</i>
<i>C. lucidus</i>
<i>C. pannosus</i>
<i>C. racemiflorus</i>

1.7.1 Descripción

Las características del género citadas por J. Rzedowzki (44) son las siguientes:

Plantas arbustivas, rara vez árboles, hojas pecioladas estipuladas, alternas, deciduas, persistentes, enteras; flores solitarias en cimas; sépalos persistentes, pétalos blancos o color rosa; estambres alrededor de 20; carpelos 2 a 5 libres en la cara vertical, en las paredes óseas en el fruto, óvulos 2; estilos 2 a 5 huecos, unas 40 especies de las regiones templadas de África del norte, Europa y Asia; algunas se cultivan como especies ornamentales, sobre todo por sus vistosos frutos rojos que persisten por todo el invierno.

Para la especie *C. pannosus* reporta las siguientes características:

Arbusto hasta de 2 metros de alto; ramas jóvenes tomentosas, lámina elíptica oval-oblonga de 1.5 a 3.5 centímetros de largo, por 1 a 2 centímetros de ancho, base aguda, borde entero, ápice agudo u obtuso, haz glabro, envés blanco tomentoso, con las nervaduras manifiestas; flores en cimas corimbosas o apretadas, hipantio tomentoso, de alrededor de 3 mm de largo; lóbulos del cáliz triangulares, de 1 mm de largo; frutos globoso ovoides, de 6 a 8 mm de largo, glabros poco tomentosos, carpelos 2, con las paredes óseas.

Se cita como nativa del suroeste de China pero aparentemente se ha naturalizado en algunas partes del valle de México.

1.7.2 Propagación por semilla

Para efectuar la propagación del cotoneaster Hartman (1975) reporta el uso de semillas sometidas a tratamiento previo de estratificación durante 3 a 4 meses.

Camacho y González (1993) en la guía práctica para el cultivo del cotoneaster, reportan que para obtener semillas buenas los frutos maduros (color rojo) deberán obtenerse durante los meses de diciembre a mayo.

La cosecha se efectúa sacudiendo o vareando las ramas de la planta para desprender el fruto, el cual se recoge en plásticos o mantas extendidas previamente en el suelo bajo los arbustos. Una vez cosechados los frutos se deben machacar y enjuagar para eliminar la pulpa y evitar que se pudran.

Las semillas así obtenidas se dejan secar a pleno sol por uno o dos días. Hecho lo anterior se les da un tratamiento que consiste en una inmersión en ácido sulfúrico concentrado por 90 minutos con lo que se han obtenido germinaciones de 50 - 70%.

1.7.3 Propagación por estacas

Para la propagación asexual de cotoneaster, Hartman y Kester (1975) recomiendan usar estacas con hojas tomadas en primavera o verano, tratarlas con ácido indolbutírico (No mencionan concentración) y colocarlas bajo niebla.

Van Den Hede (1981) reporta a Cotoneaster pannosa como una especie de difícil enraizamiento aún utilizando condiciones de cama fría para su propagación, sugiere el uso de ácido indolbutírico en concentraciones de 10,000 a 20,000 ppm en estacas de madera semidura cortadas en verano.

Camacho y González (1993) reportan enraizamientos del 17% al utilizar estacas de madera dura enraizadas utilizando radix 10,000 ppm como promotor de enraizamiento dejando las estacas a la intemperie.

También reportan enraizamientos del 40% al utilizar estacas de madera semidura enraizadas con radix 10,000 ppm y bajo condiciones de invernadero (no se reportan datos de temperatura y humedad relativa).

2.- Alternativas técnicas

Una vez realizadas las investigaciones preliminares para el desarrollo de este proyecto, se procedió a seleccionar las alternativas técnicas existentes para diseñar y construir la cámara de propagación de plantas con nebulización intermitente y calor de fondo. Tanto en la elección de materiales como en el proceso de construcción se consideraron primordialmente cuatro aspectos:

- a) Disposición o existencia de materiales en el vivero "Los Remedios"
- b) Costo del material
- c) Duración del material
- d) Existencia en el mercado nacional

2.1 Estructuras

El espacio a cubrir con estructura es de 2 x 1 metros (dos metros cuadrados), necesarios para la construcción de la cámara. La estructura se montará en un semillero existente en el vivero (Fig. 1) que brinda el área necesaria para el objetivo.

Se revisó la bodega de materiales del vivero para saber con qué material se contaba y se facilitó varilla de 3/8". Tomando en cuenta esto, se analizaron tres tipos de materiales para poder construir la estructura: aluminio, madera y varilla.

Para este estudio se compararon los costos de 1 módulo de 2.03 x 1.44 x 1.2 m, los costos según el material se detallan en el cuadro 6.

MATERIAL	COSTO
Varilla de 3/8"	NS 200.00
Aluminio	NS 1,500.00
Madera	NS 1,000.00

Los costos de las estructuras incluyen la mano de obra.

Se seleccionó la varilla por ser el material más económico resistente y por la disposición de este en el vivero.

2.2 Sistemas de calentamiento.

Se verificaron distintas compañías distribuidoras de materiales y equipo para propagación y viveristas en el Distrito Federal y uno en Cuernavaca Morelos, encontrándose que solo uno de ellos (el distribuidor de Hummert Internacional) vende equipo para calentamiento de sustrato, estos equipos son importados de los Estados Unidos sobre pedido, contando para ello con un catálogo de ventas profusamente

ilustrado. En el catálogo consultado se ofrecen los sistemas de calentamiento indicados en el cuadro 9

CUADRO 9. Costos de los sistemas de calentamiento.		
SISTEMA	COSTO DE CATALOGO	COSTO DE CONSTRUCCION CON MATERIALES NACIONALES
Mantas de propagación	N\$ 1.600.00	No cotizado
Agua caliente	No cotizado	N\$ 3.000.00
Cables de calentamiento uso ligero	N\$ 112.00	No cotizado
Alambre galvanizado	No está a la venta	N\$ 480.00

Los sistemas de mantas de propagación y cables de calentamiento no se cotizaron debido a los componentes electrónicos que incluyen. El precio no incluye gastos de importación, ni ningún otro aditamento(Termostato).

El sistema de alambre galvanizado se realizó en base a la información obtenida de la literatura revisada(23).

El costo de este sistema incluye el termostato y el transformador.

Al comparar la disposición de materiales, la duración y el costo, se eligió el sistema de calentamiento mediante alambre galvanizado.

2.3 Sistemas de nebulización.

Igual que en los sistemas de calentamiento, existen en el mercado de los Estados Unidos, compañías que ofrecen paquetes para instalar sistemas de nebulización, así como dispositivos para automatizarlos; en el cuadro 10 se presentan los costos de los dispositivos para controlar un sistema de nebulización intermitente.

CUADRO 10. Costos de los dispositivos para el control automático de la nebulización.		
EQUIPO	PRECIO DE CATALOGO	COSTO DE CONSTRUCCION CON MATERIALES NACIONALES
Mist-a-matic	N\$ 1.295.00	No cotizado
Temporizadores de tipo digitales	N\$ 1.743.00	No cotizado
Temporizadores de tipo reloj	N\$ 2.975.00	N\$ 1.700.00 **

**El costo de este equipo incluye bomba de 1/4 H.P. boquillas deflectoras, conexiones y mangueras.

Como ninguno de los sistemas se fabrican en el país se optó por construir un sistema de nebulización intermitente comandado por temporizadores de tipo reloj(uno de los cuales, el de 24 hrs, existía en el vivero "Los Remedios".

3.- Especificaciones de los insumos requeridos.

Una vez seleccionado el tipo de estructura, los sistemas de nebulización y calentamiento, se procedió a enlistar los materiales y herramientas para efectuar el armado e instalación.

3.1 Estructura

Las especificaciones, cantidades y costo de los materiales necesarios para la construcción de la estructura(un módulo de 1.00 m de ancho, 2.00 m de largo y 1.2 m de alto) se presentan en el cuadro 11.

CUADRO 11. Costo de materiales para estructura.			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO NS	TOTAL NS
Varilla corrugada de 3/8" de 12 m	3 pzas	22.00	66.00
Soldadura de 1/8" 6013	1 Kg	12.00	12.00
Esmalte acrílico	1/2 Lt	15.00	15.00
Thinex	3 Lts	5.00	15.00
Abrazadores omega	8 pzas	8.00	8.00
Tequetes de madera de 1/4"	16 pzas	0.10	1.60
Pijas para lámina de 1"	16 pzas	0.20	3.20
Mecahilo (raña)	1/2 Kg	17.00	17.00

Costo total de material NS137.80

3.2 Cubierta

Al igual que en apartado anterior, los costos se calcularon en base a material necesario para cubrir un módulo de 1.44 x 2.08 x 1.2 m. En el cuadro 12 se presentan las especificaciones, cantidades y costos del material.

CUADRO 12. Costos de los materiales de la cubierta.			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO NS	TOTAL NS
Plástico PF 600	4 m	20.00	80.00
Rafla	1/2 Kg	17.00	17.00
Conchos de plástico	60 pzas	0.40	24.00
Malla plástica de 1.2 m de ancho	8 m	9.00	72.00
Alambre galvanizado No. 22	1/2 Kg	5.00	5.00
Pegamento	1/4 Kg	26.00	26.00

Costo total de materiales NS 214.00

3.3 Sistema de nebulización.

Los materiales enlistados en el cuadro 13, son los necesarios para cubrir con nebulización una área de 2 metros cuadrados, así mismo se registran las especificaciones, cantidades y costos de los materiales.

CUADRO 13. Materiales para el sistema de nebulización			
DESCRIPCION	Cantidad	Costo Unitario NS	Total NS
Pichaucha	1 pza	29.00	29.00
Niple galv. 1" 80 cm.	1 pza	38.00	38.00
Niple galv. 1" 20 cm	1 pza	10.00	10.00
Codo 90° galv. 1"	1 pza	7.00	
Bomba de 1/4 H.P. monofásica	1 pza	315.00	315.00
Niple galv. 3/4" 10 cm	3 pzas	4.00	12.00
Codo 90° galv. 3/4"	1 pza	6.00	6.00
"T" galv. 3/4"	1 pza	6.00	6.00
Reducción Bushin 3/4 a 3/8"	1 pza	4.00	4.00
Manómetro de 0-100 psi entrada 3/8"	1 pza	120.00	120.00
Angulo de 1" x 1/4"	1 m	7.00	7.00
Solera 1" x 1/4"	1 m	5.00	5.00
Solera 1/2" x 1/4"	2 m	3.00	6.00
Taquetes de madera de 1/4"	15 pzas	0.10	1.50
Pijas para lámina 1"	15 pzas	0.20	3.00
Tornillos de 1/4" x 1" cabeza hexagonal	4 pzas	0.40	1.60
Malla plástica	1 m	9.00	9.00
Pegamento de contacto (Tubo)	100 ml	10.00	10.00
Abrazaderas sin fin de 1 1/2"	2 pzas	5.00	10.00
Manguera flexible 1"	5 m	5.00	25.00
Tubo PVC 1/2" hidráulico.	2 m	4.00	8.00
Tapón para PVC 1/2"	1 pza	2.00	2.00
Pegamento para PVC (tubo)	100 ml	19.00	19.00
Boquillas deflectoras	2 pzas	8.00	16.00
Temporizador 24 Hrs	1 pza	500.00	500.00
Temporizador min-seg.	1 pza	250.00	250.00
Alambre TW 12	10 m	13.00	130.00
Esmalte scribico	1 l	25.00	25.00
Thinor	3 l	25.00	25.00
Cinta de aislar	1 rollo	6.00	6.00
Lámina cal. 18	1/2 hoja	80.00	80.00
Cuadrado de 3/4"	4 m	4.00	4.00
PTR de 2 1/2"	2 m	27.00	54.00
Soldadura de 1/8" 6013	1 Kg	12.00	12.00
Pasta siler para roscas	1/4 Kg	4.00	4.00

Costo total de materiales NS 1760.1

3.4 Sistemas de calentamiento.

Para el sistema de calentamiento se utilizaron los materiales que se enlistan en el cuadro 14.

CUADRO 14. Materiales para el sistema de calentamiento.			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO NS	TOTAL NS
Interruptor de cuchillas con fusibles de latón 30 amperes	1 pza	80.00	80.00
Interruptor de porcelana con fusibles tipo tapón	1 pza	38.00	38.00
Transformador de 120 volts de entrada, salida de 10 volts 24.2 amperes.	1 pza	230.00	230.00
Termoato de 0-100°C con bulbo censor	1 pza	210.00	210.00
Alambre galvanizado No. 8	15 m	1.00	15.00
Tubo Sarda de fibra de vidrio de 3/16"	15 m	2.00	30.00
Tabla de madera de 30 x 100 x 2.5 cm.	1 pza	12.00	12.00
Pijas para madera de 3/4"	8 pzas	0.20	1.60
Alambre TW 12	2 m	13.00	26.00
Cinta de aislar	1 rollo	6.00	6.00

Costo total de los materiales NS 648.60

3.5. Herramientas utilizadas en la construcción de la cámara

- **Planta de soldar.**
- **Taladro.**
- **Esmeril.**
- **Tornillo de banco.**
- **Tijeras para lámina y para tela.**
- **Navaja.**
- **Martillo.**
- **Pinzas de presión, mecánico y corte.**
- **Brocas para concreto y metal.**
- **Cinta métrica.**
- **Brochas.**
- **Destornilladores planos y de cruz.**
- **Llaves estándar y estilson.**
- **Machuelos NPT 1/8"**
- **Multímetro.**
- **Probador de corriente.**
- **Galvanómetro.**

4.- Infraestructura.

La infraestructura utilizada para la realización de este proyecto, fue la existente en el vivero " Los Remedios", básicamente se utilizaron:

- a) Un depósito para agua potable con capacidad de 29.3 m³
- b) Un semillero construido a base de tabique rojo de 10.5 x 1.2 x 0.65 m
- c) Suministro de energía eléctrica a partir de la línea de acometida que se localiza en un poste de madera.

4.1.- Distribución en el terreno.

Para una mayor comprensión de la manera en que se hallan ubicadas las construcciones dentro del vivero se anexa un diagrama explicativo (Figura No. 2 del anexo)

En este diagrama se detallan: La ubicación de los accesos, caseta de vigilancia, bodega, invernadero, semilleros, tanque de agua, caminos y suministro de energía eléctrica; las áreas sombreadas señalan las zonas de almacenamiento o platabandas.

5.- Proyectos complementarios de ingeniería.

Esta sección comprende la descripción de los métodos utilizados para la construcción, ensamble e instalación de cada uno de los sistemas de la cámara de propagación de plantas.

5.1.- Descripción del armado y colocación de la estructura.

La construcción de la estructura se inició cortando:
6 tramos de varilla corrugada de 3/8" de 1.16 m
6 tramos de varilla de 1.2 m
6 tramos de varilla de 1.4 m
4 tramos de varillas de 2.08 m

A los cuatro tramos de 1.4 m se les dió una conformación semicircular para obtener el declive necesario para el techo, esto se logró utilizando el tornillo de banco, martillo y doblador de varilla comúnmente conocida como grifa.

Una vez hecho lo anterior, se unieron las varillas con soldadura eléctrica conformando un módulo como el mostrado en las figuras 3 y 4 del anexo.

Para evitar oxidaciones, las estructuras se pintaron con esmalte acrílico; ya seca, se fijó en la parte superior de la estructura del semillero colocando taquetes para atornillar las abrazaderas omega. Ya fija la estructura, se procedió a amarrar el mecablo en la parte superior, se colocaron un total de 7 líneas a todo lo largo de la estructura, la separación entre las líneas de mecablo fue de 20 cm. Figura 5 del anexo.

5.2.- Colocación de la cubierta.

Se inició con la preparación de las cortinas corredizas de malla plástica, se cortaron 6 tramos de malla de 1.25 x 1.10 m, en los extremos de la parte larga, se realizó un dobléz que se unió con pegamento de contacto; Este dobléz sirvió para que al entrar el alambre galvanizado del No. 22 que serviría como corredera, ya con el alambre colocado, las cortinas se colocaron en los cuatro lados de la estructura amarrando el alambre galvanizado en las esquinas superiores e inferiores del módulo de varilla. Se comprobó que las cortinas se deslizaran fácilmente. Figura 6 del anexo.

El paso siguiente fue cortar un tramo de plástico PF 600 de 5 x 2 m y 2 tramos de 1.6 x 1.3 m para cubrir los laterales. Se colocó el plástico sobre la estructura y se fijó con dos líneas de mecahilo a lo largo de la parte inferior y con pinzas para ropa en la varilla superior del módulo.

5.3.- Instalación del sistema de nebulización.

Antes de proceder a la instalación de este sistema, se verificó la presión de trabajo de la bomba de 1/4 H.P. con el fin de ver si era suficiente para que las boquillas deflectoras trabajaran eficientemente, para ello se ensambló lo siguiente:

a) En la succión de la bomba: Se colocó la pichancha de 1" en un tubo de 80 cm, el codo de 90° y el niple de 20 cm, todos ellos galvanizados de 1", las uniones se sellaron con pasta siler para roscas.

b) En la salida de la bomba: Se colocó un niple de 10 cm, un codo de 90°, un niple de 10 cm, todos ellos galvanizados de 3/4"; sobre la "T" se colocó la reducción bushin de 3/4 a 3/8" y sobre esta se colocó el manómetro. Figura 7 del anexo.

Se observó que la presión de trabajo fue de 20 psi, suficiente para un buen funcionamiento de las boquillas.

Posteriormente se procedió a construir dos casetas metálicas que sirvieron para proteger los temporizadores y la bomba.

La caseta de los temporizadores tiene por medidas 32 x 40 x 21 cm, se construyó con cuadrado de 3/4" en la estructura y con lámina calibre 18 para forrarla, al techo se le dio una inclinación de 20° para que el agua de lluvia pudiera escurrir. Esta caseta se fijó al suelo mediante un poste de cuadrado (PTR) de 1.5 m, el cual se enterró 30 cm colocando concreto en la base para un buen sostén. Figura 8 del anexo.

La caseta de protección de la bomba se colocó a un costado del depósito de agua mediante pijas y taquetes, para la base se usó ángulo y solera de 1 x 1/4", colocando dos tramos de solera de 1/2 x 1/4" para sostén de la cubierta desmontable hecha con lámina calibre 18, las medidas de la caseta son 25 x 20 x 25 cm. La bomba se fijó a la base mediante tornillos de cabeza hexagonal de 1/4 x 1". Figura 9 del anexo.

Ambas casetas se pintaron con esmalte acrílico para evitar oxidaciones.

A fin de evitar las obstrucciones en la línea de conducción y en las boquillas deflectoras, se construyó un filtro con alambón de 20 x 20 x 20 cm, el cual se forró con malla plástica, el filtro se colocó en el extremo del tubo introduciendo en el la pichancho. Figura 7 del anexo.

Al tubo de PVC de 1/2" se le montaron dos secciones de 5 cm cortado a la mitad con el fin de aumentar el espesor de la pared para poder colocar firmemente las boquillas, la distancia entre ellas fue de 0.80 m. Figura 10 del anexo.

Sobre estas secciones se realizaron perforaciones con broca, para después hacer cuerdas con machuelo NPT 1/8". Se colocaron las boquillas nebulizadoras con teflón en las roscas, se pegó el tapón al tubo y se fijó con alambre galvanizado en la parte inferior de módulo de la estructura. Figura 10 del anexo.

Una vez terminadas las conexiones, se colocó la manguera flexible de 1" entre la salida de la bomba y el tubo portaboquillas asegurando las conexiones con las abrazaderas sin fin de 1 1/2".

La conexión de los temporizadores se hizo en serie de tal manera que la energía llegara primero al temporizador de 24 hrs, el cual controla el temporizador minuto-segundo que a su vez controla la bomba. Figura 11 del anexo.

Todas las instalaciones eléctricas se verificaron con probador y multímetro, aislándose correctamente con cinta. Los temporizadores se fijaron con pijas dentro de la caseta metálica construida con anticipación. Figura 8 del anexo.

La figura 12 del anexo presenta un diagrama general del sistema de nebulización.

5.4.- Instalación del sistema de calentamiento

La instalación del sistema de calentamiento se inició mediante el cálculo de la resistividad del alambre galvanizado No. 8, esto se hizo con un Galvanómetro ó PUNTE DE WHEATSTONE marca: CROPICO LTD modelo: SW3 de los laboratorios de Física de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán; se registró una resistividad de 0.21708 ohms por mm² por metro.

Una vez medida la resistividad se calculó la sección del alambre galvanizado mediante la ecuación:

$$a = \pi r^2$$

Donde

a = sección
r = radio del alambre

a = ?
r = 1.6 mm

Sustituyendo

$$a = (3.14) (2.56) = 8.04 \text{ mm}^2$$

Teniendo la sección y la resistividad del alambre galvanizado se efectuó el cálculo de la resistencia del alambre mediante la ecuación:

$$R = \rho l/s$$

Donde:

R = Resistencia en ohms
p = Resistividad en ohms mm²/m
l = Longitud en metros
s = Sección en mm²

R = ?
p = 0.21
l = 15
s = 8.04

Sustituyendo:

$$R = (0.21708 \text{ ohms mm}^2/\text{m}) (15 \text{ m}/8.04 \text{ mm}^2)$$
$$R = 0.4050 \text{ ohms}$$

Debido a las características de construcción de los transformadores, se buscó que el amperaje del transformador no pasara de los 30 amperes ya que resultaba muy difícil construirlo y su precio aumentaba considerablemente; esta razón determinó que el cálculo del voltaje se hiciera por aproximación, determinándose que el voltaje apropiado era de 10 volts.

Conociendo la resistencia y el voltaje se realizó el cálculo del amperaje mediante la ecuación:

$$I = E/R$$

Donde:

I = Intensidad en amperes
E = Voltaje en volts
R = Resistencia en ohms

I = ?
E = 10 volts
R = 0.405 ohms

Sustituyendo:

$$I = 10 \text{ volts} / 0.405 \text{ ohms} = 24.6 \text{ amperes}$$

El transformador tiene como características: 120 volts de entrada con 10 volts y 24.6 amperes de salida.

El alto amperaje y el bajo voltaje provocan el calentamiento del alambre galvanizado

Los 15 m. de alambre galvanizado se cubrieron con el tubo flexible de fibra de vidrio y se conformó la resistencia tal como se muestra en la figura 13. La distancia entre líneas de la resistencia fue de 10 cm dando un total de 8 líneas para cubrir los 2 m² de la cámara de propagación.

Una vez conformada la resistencia, se realizó la conexión del interruptor de porcelana, el transformador y el termostato, verificando con probador de corriente y multimetro las conexiones y aislándolas adecuadamente.

La figura 14 del anexo muestra el diagrama de instalación eléctrica del sistema de calentamiento.

La instalación del termostato se realizó de tal manera que interrumpiera el paso de corriente al transformador cuando se registraba la temperatura requerida, la cual era detectada por el bulbo sensor del mismo termostato. El interruptor de porcelana se instaló como prevención de un posible corto en la resistencia protegiendo así al transformador y al termostato.

5.5 Suministro de energía eléctrica

Se hizo una derivación de la línea de acometida (120 volts) del vivero con alambre TW 12, haciéndola llegar al interruptor de cuchillas colocado en un poste de madera, de este interruptor se realizó la instalación general. Figura 14 del anexo. Las conexiones se verificaron con probador y multimetro y se aislaron adecuadamente.

5.6 Suministro de agua

Se utilizó un tanque de almacenamiento del vivero "Los Remedios" que tiene las siguientes dimensiones: 1.88 x 1.85 x 1.05 m, construido con tabique y splanado de cemento. Se usó agua potable de la red municipal, la cual llega al vivero por una toma de 1 1/2". Figura 9 del anexo.

5.7 Drenaje

No se realizaron instalaciones especiales de drenaje ya que el terreno del semillero presentaba buena permeabilidad.

6.- Producto terminado

El equipo construido es una cámara de propagación de plantas con nebulización intermitente y calor de fondo.

6.1 Especificaciones

El sistema de nebulización trabaja a base de una bomba de 1/4 H:P que aumenta la presión en la línea de conducción de agua a 20 psi, los intervalos entre nebulizaciones y la duración de éstos esta controlado por dos temporizadores tipo reloj (de 24 hrs. y minutos-segundos) que automatizan el sistema, la nebulización del agua se logra gracias a dos boquillas deflectoras.

El calentamiento se produce por una resistencia de alambre galvanizado de bajo costo, el cual tiene como complemento un transformador de 120 volts de entrada y salida de 10 volts 24 amperes, el cual al reducir el voltaje y aumentar el amperaje calienta el alambre galvanizado, y un termostato con bulbo sensor de 0 a 100°C que automatiza el sistema.

Todo el equipo funciona con energía eléctrica 120 volts CA. En los sistemas construidos, el único implemento importado fue el temporizador 24 hrs, los demás componentes son de fabricación nacional; tanto el temporizador minutos-segundos como el transformador fueron fabricados sobre pedido; los componentes restantes son de línea.

6.2 Rendimientos estimados en la producción

La cámara de propagación de plantas puede tener dos propósitos: germinación de semillas y enraizamiento de estacas; la capacidad de producción depende de la separación a la que se coloquen las estacas o las semillas; si la distancia entre filas e hileras es de 5 cm, en los dos metros cuadrados de la cámara cabrán 800 estacas o semillas, aumentando la cantidad si se reduce la distancia de plantación.

Las semillas se pueden germinar directamente o en charolas ya que el calor generado por la resistencia fácilmente llega a ellas.

6.3 Personal necesario para su operación

Se requiere únicamente de una persona a la que habrá que capacitar en el manejo de los temporizadores y el termostato así como de la lectura del higrometro y del termómetro, esto con el fin de que pueda encargarse de la programación de los sistemas de nebulización y calentamiento así como de la ventilación.

7.- Flexibilidad en la capacidad de producción

Como se señaló anteriormente, la capacidad de producción puede modificarse, variando las distancias de plantación.

7.1 Posibilidades de ampliación

Se puede ampliar el sistema de nebulización hasta diez boquillas ya que un número mayor necesitaría de una bomba de mayor capacidad.

El sistema de calentamiento no puede ampliarse ya que cada resistencia requiere de su transformador y su termostato, no se puede alargar la resistencia ya que los cálculos de amperaje y voltaje se realizaron en base a una resistencia de 15 m.

IV.- INVERSIONES

En esta sección se presentan los costos totales de los materiales y de mano de obra e instalación. Los costos detallados se presentan en los cuadros 11, 12, 13 y 14. Los costos totales se presentan en el cuadro 15.

CUADRO 15. Costos	
RUBRO	COSTO (NS)
1.- Materiales y equipo	
a) Estructura	137.80
b) Cubierta	224.00
c) Sistema de nebulización	1,760.10
d) Sistema de calentamiento	648.60
2.- Construcción	
a) Estructura	200.00
b) Casetas metálicas	100.00
3.- Instalaciones	
a) Eléctrica	800.00
b) Hidráulica	350.00
TOTAL	4,221.5

El costo total de la cámara de propagación incluyendo materiales y mano de obra fue de NS4,221.5

4.- Financiamiento

El financiamiento del proyecto corrió a cargo de los autores de este trabajo, el vivero "Los Remedios" sólo aportó la varilla y el temporizador de 24 hrs.

V. EVALUACION

La evaluación del presente trabajo se efectuó separando en dos apartados la información; en el primero de ellos, se analiza el funcionamiento de los componentes de la cámara de propagación y en el segundo, se evalúan los resultados obtenidos en el experimento de propagación del cooneaster por medio de estacas.

1.- Funcionamiento del equipo

1.1.- Estructura

Gracias a la resistencia de la varilla de 3/8", la estructura mostró un buen funcionamiento soportando bien el plástico de la cubierta. La conformación semicircular de la parte superior, permitió obtener un declive suficiente para que escurriera el agua de lluvia (Figuras 3 y 4).

La altura de los módulos con que se conformó la estructura fue adecuada para permitir maniobrar holgadamente el material dentro de la cámara, esta también permitió manejar las cortina corredizas y la cubierta plástica fácilmente cuando se requiera ventilar.

Las varillas transversales de la parte inferior de los módulos sirvieron para sostener el tubo portaboquillas sin curvarse. Las uniones soldadas no se fracturaron, las abrazaderas omega con las que se fijó la estructura a la pared del semillero evitaron desplazamientos; la pintura con que se cubrió la estructura evitó oxidaciones que pudieran acortar la vida del material y estropear su apariencia.

En conjunto el funcionamiento de la estructura fue eficiente.

1.2 Cubierta

El plástico PF 600 utilizado para la cubierta tuvo buena resistencia a deformaciones y cuarteaduras, cumpliendo con la duración garantizada por el fabricante (1 a 2 años).

Las pinzas y el mecahilo utilizados para sostenerlo a la estructura trabajaron bien, pues a pesar de que hubo viento, la cubierta no fue desplazada.

Aunque debido a la cubierta plástica la temperatura interior de la cámara se elevó en promedio 5°C con respecto a la temperatura exterior, la temperatura mantenida dentro de la cámara estuvo entre los 21 y 27°C la mayor parte del tiempo.

La temperatura promedio exterior fue de 18°C; cuando la temperatura exterior bajo de los 16°C, en el interior de la cámara la temperatura también disminuyó por abajo de los 21°C que se trataba de mantener, esto se debió a que el equipo no fue diseñado para mantener una temperatura ambiental constante, lo cual se consigue mediante un sistema de calefacción automático.

Para evitar en lo posible que la temperatura interior de la cámara subiera por encima de los 27°C, la cubierta se encaló por el exterior y cuando fue necesario, se levantó el plástico de los laterales permitiendo así la ventilación, la cual en la mayoría de las ocasiones fue suficiente para evitar que la temperatura se incrementara demasiado; pero con esta ventilación se perdía entre el 10 y 15% de humedad, por lo cual la cubierta permaneció cerrada la mayor parte del tiempo que duró el experimento.

En conjunto tanto la cubierta como el mecahilo y las pinzas para ropa con las que se sujetó trabajaron eficientemente.

1.2.1.- Cortinas

Las cortinas de malla plástica de la cámara se consideran parte de la cubierta, su función básica fue la de evitar que el material colocado dentro de la cámara quedara expuesto y sin ninguna protección.

Gracias a las cortinas se evitó la entrada de pájaros o insectos al interior de la cámara, permitiendo a un mismo tiempo la ventilación.

El funcionamiento de las cortinas y sus soportes de alambre galvanizado fue eficiente.

1.3.- Sistema de calentamiento

1.3.1 Interruptor

No se presentó ningún corto circuito en el sistema de calentamiento, por lo cual no fue necesario cambiar los fusibles tipo "tapón" de porcelana que se emplearon.

No se detectaron fallas, presencia de "chispazos" que denotaran cortos en la instalación y ninguna otra anomalía en el interruptor por cual su funcionamiento se califica como eficiente.

1.3.2.- Termostato

El termostato utilizado funcionó eficientemente ya que mantuvo constante la temperatura del medio de enraice que fue de 28°C. El funcionamiento del termostato fue continuo ya que trabajó las 24 horas del día durante los 69 días que duró el experimento; no se observaron fallas de ningún tipo en este instrumento.

1.3.3.- Transformador

Este elemento fue parte medular del sistema de calentamiento ya que fue el encargado de convertir el voltaje y el amperaje de la corriente normal (de 127 volts amperes a 10 volts, 24.6 amperes) para lograr el calentamiento de la resistencia; al igual que el termostato, el transformador trabajó las 24 horas del día durante 69 días;

no presentó calentamiento excesivo ni falla alguna por lo que su funcionamiento fue eficiente.

1.3.4.- Resistencia

Una vez terminada la evaluación del enraizamiento la resistencia que actuó como elemento calefactor se extrajo del medio de enraice para observar las condiciones en las que se encontraba, pudiéndose constatar que ni ella ni el tubo flexible de fibra de vidrio que la cubría presentaban roturas ni deformaciones debido al calor, su funcionamiento fue eficiente.

En conjunto el sistema de calentamiento construido trabajó eficientemente durante todo el experimento.

1.4.- Sistema de nebulización

1.4.1.- Bomba

La bomba utilizada para aumentar la presión en la línea, trabajó en periodos de 5 segundos cada 15 minutos, de 6 a.m. a 6 p.m; no presentó falla alguna y mantuvo siempre la presión de 20 psi (libras por pulgada cuadrada) la cual fue la adecuada para que las boquillas trabajaran; no presentó fugas ni calentamiento, tampoco fue necesario recargarla en ninguna ocasión gracias a la pichancho que tenía instalada; el funcionamiento de la bomba fue eficiente.

1.4.2.- Filtro

Elaborado con malla plástica y alambón; este elemento evitó las obstrucciones tanto en la bomba como en la línea de conducción y en las boquillas, no presentó oxidaciones en la estructura y la malla soportó estar sumergida en el agua 69 días sin sufrir alteraciones. El filtro trabajó eficientemente.

1.4.3 Tuberías, mangueras y conexiones

Tanto la tubería galvanizada como la PVC así como las conexiones y la manguera utilizadas en la conformación de la línea de abastecimiento y distribución de agua resultaron eficientes ya que no hubo fugas ni roturas debido a la presión de trabajo.

1.4.4.- Boquillas

Las boquillas deflectoras usadas en este trabajo, tuvieron un patrón de distribución circular, la nebulización cubrió un círculo de 1.2 metros de diámetro, su colocación (80 centímetros entre boquillas y 60 centímetros entre la pared y la primera boquilla) permitió obtener la mejor cobertura quedando un espacio mínimo sin cubrir en las esquinas.

El gasto por boquilla fue de 415 mililitros por minuto, lo cual hace un total de 2.5 lts/hr. para las dos boquillas de la cámara. No existieron obstrucciones en las boquillas gracias al filtro colocado en la pichancho de la bomba, la cual generó una presión suficiente (20 psi) para que el agua se nebulizara totalmente. El funcionamiento de las boquillas deflectoras fue eficiente.

1.4.5.- Temporizadores

De la misma forma que el termostato automatizó el sistema de calentamiento, los temporizadores dieron el carácter automático al sistema de nebulización. Los temporizadores controlaron los tiempos de trabajo establecidos con anticipación (de 6 de la mañana a 6 de la tarde para el temporizador día-noche, y 5 segundos cada 15 minutos para el temporizador minutos-segundos) para la bomba. Ambos temporizadores fueron efectivos no hubo interrupciones ni falla alguna en estos componentes, su función de activación y apagado de la bomba fue eficiente.

En resumen el sistema de nebulización intermitente en su conjunto trabajó eficientemente.

2.- Eficiencia en el enraizamiento

Terminada de armar la cámara de propagación de plantas, se determinó evaluar su eficiencia mediante el enraizamiento de estacas de cotoneaster; a fin de tener una referencia comparativa, las estacas se enraizaron bajo 3 condiciones diferentes.

2.1 Metodología

El experimento de enraizamiento contó con las siguientes fases:

- a) Establecimiento de tratamiento
- b) Construcción del contenedor del medio de enraice para la cámara de propagación
- c) Elección y colocación del medio de enraice
- d) Obtención del material vegetativo
- e) Montaje del experimento (tratamiento y colocación de las estacas)
- f) Toma de datos de las condiciones ambientales y observación del material propagado.
- g) Análisis estadístico de las variables estudiadas

2.2 Establecimiento de tratamientos

Se establecieron tres tratamientos diferentes que sirvieron para comparar la eficiencia de la cámara de propagación. Los tratamientos se señalan en el cuadro 16.

CUADRO 16. Tratamientos de la prueba de enraizamiento	
TRATAMIENTO	CONDICIONES
A	Con nebulización y con calor de fondo
B	Con nebulización sin calor de fondo
C	Sin nebulización sin calor de fondo

Se utilizó el mismo semillero para los tratamientos B y C construyendo la estructura necesaria para cubrir 4 m², se colocaron líneas de mecablo, cortinas y cubierta de la misma forma que en la cámara de propagación; la división entre tratamientos se realizó con malla plástica. La nebulización del tratamiento B fue una extensión del sistema nebulizador de la cámara. En total se utilizó una área de 6 m² para los tres tratamientos asignando 2 m² a cada uno de ellos. Por no ser parte de los objetivos de este trabajo no se detallan los costos de materiales de los tratamientos B y C. La figura 15 del anexo detalla la distribución de tratamientos.

2.3 Construcción del contenedor del medio de enraice de la cámara de propagación

Se optó por construir una charola con lámina calibre 22 de 200 x 100 x 10 cms para colocar dentro de ella la resistencia y el medio de enraice (Figura 16 del anexo); la charola se pintó para evitar oxidaciones.

Dentro del semillero utilizado se colocaron 2 tramos de ángulo de 1" x 1/4" para sostener la charola, a estos tramos se les dio la inclinación suficiente para que el exceso de agua de la charola pudiese escurrir y salir por los orificios hechos en la parte baja de ella (Figura 17 del anexo), se colocó una lámina de 100 x 30 cm para que el agua escurriera hasta el piso del semillero.

2.4 Elección y colocación del medio de enraice

Una vez construido el contenedor, se eligió el producto comercial "agrolita" como medio de enraice, este producto se obtiene de una arcilla que ha sido sometida a calentamiento, el cual provoca expansión y la convierte en gránulos esponjosos de color blanco; tiene un alto porcentaje de retención de agua, pero su estructura permite que el exceso filtre fácilmente, esta característica también permite que las raíces jóvenes se desarrollen rápidamente sin encontrar obstáculos; el producto es estéril, no contiene nutrientes y su pH es neutro, lo cual lo hace un medio de enraice excelente.

Se colocó una capa de 2 cm de espesor de agrolita dentro de la charola, después la resistencia y por último una capa más de agrolita de 8 cm de espesor (Figura 18).

En los tratamientos B y C el medio de enraice se colocó directamente sobre el suelo del semillero poniendo únicamente una malla plástica de 4 x 1.2 m para evitar que el medio se mezclara con el suelo.

La separación del medio de enraice entre las secciones se realizó con lámina galvanizada calibre 22 de 100 x 30 cm pintada con esmalte acrílico.

2.5 Obtención del material vegetativo

El corte de estacas se efectuó en verano, se obtuvieron de plantas existentes en el Parque Nacional "Los Remedios", se cortaron un total de 1,530 estacas de madera suave (ramas secundarias de 1 año), se agruparon en rollos de 100 estacas cada uno y se sumergieron en agua para evitar deshidratación, posteriormente se trasladaron al lugar del experimento y se repartieron 510 estacas para cada uno de los tratamientos.

La longitud promedio de las estacas fue de 10 cm, su diámetro varió entre 1 y 2 cm. A todas las estacas se les eliminaron las hojas de las 2 terceras partes inferiores dejando de 2 a 3 pares de hojas en el ápice.

2.6 Montaje del experimento.

Las estacas colectadas se trataron con una preparación comercial en polvo (Radix 10,000 p.m.m) sumergiendo la base en el polvo y sacudiendo el exceso de este posteriormente; las estacas se colocaron entonces en el medio de enraice, enterrándolas de 2 a 3 cm afirmando el medio alrededor de ellas.

Se trabajó con un diseño completamente al azar colocando 3 repeticiones de 170 estacas cada una. Se establecieron 32 columnas de 16 hileras por tratamiento, con una separación de 6.2 cm entre hilera y 5.8 cm entre columnas lo cual hizo un total de 510 estacas por tratamiento.

2.7 Condiciones ambientales.

Siendo la cámara de propagación un equipo en el cual se trata de generar las condiciones ambientales más favorables para el enraizamiento, una evaluación de estacas es indispensable, la condiciones ambientales evaluadas fueron: temperatura, ventilación, y humedad relativa.

2.7.1 Humedad relativa.

Se efectuaron mediciones de humedad relativa para los tres tratamientos (dentro de la cubierta) y en el exterior, las lecturas se tomaron de las 8 A. M a las 6 P.M; durante los 69 días que duró el experimento, los promedios se presentan en el cuadro 17.

TRATAMIENTO	HUMEDAD RELATIVA INTERIOR PROMEDIO (%)	HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR PROMEDIO (%)
A	83	69
B	80	
C	76	

2.7.2 Temperaturas.

Se midieron las temperaturas ambientales interiores en los tres tratamientos, la temperatura ambiental exterior y la temperatura del sustrato, las mediciones se efectuaron cada hora a partir de las 8 AM y hasta las 6 PM durante los 69 días que duró el experimento. Los promedios se presentan en los cuadros 18 y 19.

TRATAMIENTO	TEMPERATURA INTERIOR PROMEDIO (°C)	TEMPERATURA EXTERIOR PROMEDIO
A	24	18
B	24	"
C	22	"

TRATAMIENTO	TEMPERATURA PROMEDIO
A	25°C
B	15°C
C	15°C

2.7.3. Ventilación.

La ventilación permitió reducir la temperatura interior de la cámara de propagación; la ventilación se logró levantando el plástico de la cubierta en su totalidad en días soleados y parcialmente en días con poca nubosidad.

Se observó una diferencia significativa en las temperaturas interiores y exteriores cuando el tiempo era soleado la temperatura exterior, alcanzaba los 30°C y la temperatura interior aumentaba a 35°C cuando la cubierta estaba cerrada totalmente. En todo momento se trató de mantener una temperatura interior entre 21 y 27 °C.

2.8 Variables estudiadas.

Se estudiaron un total de 3 variables que fueron:

- Número de estacas enraizadas
- Número de estacas con callo.
- Número de estacas vivas (sin callo y sin raíz)

Los resultados se presentan en el cuadro 20.

CUADRO 20. Resultados del experimento de enraizamiento.					
TRATAMIENTO	Estacas Enraizadas	Estacas con callo	Estacas vivas	Estacas muertas	TOTAL
A	144	198	104	64	510
B	4	140	168	198	510
C	0	52	162	296	510

Las variables se evaluaron a los 69 días de haber montado el experimento, se extrajeron las estacas haciendo uso de una pala de trasplante, separándolas adecuadamente y realizando el conteo.

2.9. Resultados

Se inició agrupando los datos obtenidos de la observación de la variables, los datos se presentan en los cuadros 21, 22 y 23.

CUADRO 21. Resultados obtenidos en el tratamiento con nebulización y calor de fondo.					
Variable	No. de estacas enraizadas	Estacas con callo	Estacas vivas	Estacas muertas	Total
Repetición					
1	46	60	39	25	170
2	50	68	31	21	170
3	48	70	34	18	170
Total	144	198	104	64	510

CUADRO 22. Resultados obtenidos en el tratamiento con nebulización y si calor de fondo.					
VARIABLE REPETICIÓN	No. de estacas enraizadas	Estacas con callo	Estacas vivas	Estacas muertas	Total
1	0	54	55	61	170
2	2	40	56	72	170
3	2	46	57	65	170
Total	4	140	168	198	510

CUADRO 23. Resultados obtenidos en el tratamiento sin nebulización sin calor de fondo (testigo).					
Variable Repetición	No. de estacas enraizadas	Estacas con callo	Estacas vivas	Estacas muertas	Total
1	0	20	56	94	170
2	0	17	54	99	170
3	0	15	52	103	170
Total	0	52	162	296	510

3.- Evaluación social.

Como se mencionó anteriormente, uno de los objetivos de este trabajo fue lograr que el vivero de "Los Remedios" contara con equipo más eficiente para la propagación de plantas, es por ello que a parte de realizar la evaluación del equipo construido, se realizó una evaluación social.

3.1.- Institución beneficiada

Una vez terminada la evaluación de eficiencia en el enraizamiento, se hizo entrega del equipo construido al vivero "los Remedios", no sin antes capacitar a uno de los trabajadores que ahí labora en el manejo de los temporizadores y termostato, así como en el mantenimiento general del equipo.

3.2.- Servicios educativos.

Aparte de brindar servicios productivos en el vivero, el equipo podrá ser utilizado para realizar investigaciones de propagación de plantas en las cuales se requiera conocer como afecta la nebulización intermitente y el calor de fondo, los procesos de enraizamiento de estacas o germinación de semillas.

VII. ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSION

Se analizaron y discutieron los resultados obtenidos en cada uno de los tratamientos de la prueba de enraizamiento así como las condiciones ambientales que existieron en la cámara.

Se realizó el análisis de varianza y la prueba de separación de medias por la prueba de rango múltiple de Duncan.

1.- Número de estacas enraizadas.

Se realizó el análisis de varianza para evaluar si existió o no diferencia significativa, los resultados pueden observarse en el cuadro 24.

CUADRO 24. ANDEVA para la variable número de estacas de Cotoneaster enraizadas.						
Fuente de variación	Grados de libertad (g)	Suma de cuadrados (Sc)	Cuadrado medio (Cm)	F Observada	F Requeridas	
					5%	1%
Total	8	4,686				
Tratamiento	2	4,483	2,241	66.4	5.14	10.92
Error	6	202.6	33.7			

$F_{obs} > F_{req}$. Si existe diferencia significativa.

Posteriormente se efectuó la prueba de separación de medias, mediante la prueba de rango múltiple de Duncan; los resultados se presentan en el cuadro 25.

CUADRO 25. Porcentajes de las variables estudiadas por tratamientos.									
Tratamiento	VARIABLES								
	Estacas enraizadas		Estacas con collar		Estacas vivas		Estacas muertas	Total	
A	28.2 %	a	38.8 %	a	20.4 %	a	12.5 %	a	100 %
B	0.8 %	ba	27.5 %	b	32.9 %	b	38.8 %	b	100 %
C	0.0 %	ca	10.2 %	c	31.8 %	c	58.0 %	c	100 %

*Tratamiento con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales a $\alpha \leq 0.05$ según la prueba de Duncan.

Los resultados del ANDEVA nos muestran que si existió diferencia significativa entre los tratamientos. La prueba de Duncan nos muestra que entre los tratamientos A:B y A:C existió diferencia significativa, no siendo así entre los tratamientos B:C.

Estos resultados reflejan que el mejor tratamiento fue el de nebulización y calor de fondo donde enraizaron un total de 144 estacas el cual equivale a un 28.23% del total.

En este tratamiento intervinieron favorablemente la humedad relativa, la cual fue 14 % mayor que en el exterior (Cuadro 18), esto evitó que se provocara el marchitamiento de las hojas de las estacas (43), lo cual se debió a que las células mantuvieron su turgencia y un potencial hídrico elevado (23), la humedad del 83 % mantenida dentro de la cámara redujo la transpiración, elevando la presión de vapor ambiental mayor o casi igual a la presión que existía entre los espacios intercelulares (9).

Al observar el cuadro 25 se nota que no existe diferencia significativa entre los tratamientos B y C, aún cuando existía nebulización en el tratamiento B; lo cual puede conducir a la afirmación de que en la propagación del cotoneaster es muy importante la presencia de calor en el sustrato, el cual se mantuvo constante a 25°C en tratamiento A, y en 15°C en los tratamientos B y C (Cuadro 19). El calor de fondo provocó que existiera una mayor actividad celular en la base de las estacas lo cual trajo como consecuencia un mejor desarrollo de las raíces (23).

2.- Numero de estacas con callo

El análisis de varianza del cuadro 26 muestra que existió diferencia significativa entre los tratamientos, siendo mejor el tratamiento A; según los resultados de la prueba de rango múltiple de DUNCAN (Cuadro 25), reporta que existe diferencia significativa entre los tratamientos; el tratamiento A presentó 198 estacas con callo, comparadas con 140 del tratamiento B y 52 del tratamiento C.

Aunque la presencia de callo no indique que se presentará la formación de raíces (23), si se puede afirmar que debido a las condiciones de humedad y temperatura favorables, existió un mayor actividad de dediferenciación y diferenciación celular (23)

CUADRO 26. ANDEVA. Para la variable número de estacas de Cotoneaster con callo.						
Fuente de variación	Grados de libertad (gl)	Suma de cuadrados (Es)	Cuadrado medio (Cm)	F Observada	F Requerida	
					5%	1%
Total	8	3,746				
Tratamiento	2	3,602	1,801	5.5	5.14	10.92
Error	6	1,944	324			

F obs > F req si existe diferencia significativa

3.- Número de estacas vivas (sin callo y sin raíz).

El cuadro 20 indica que el tratamiento B (sin nebulización, sin calor de fondo) fué el que obtuvo un mayor número de estacas vivas (sin callo, sin raíz), esto se debió a que como se explicó anteriormente, la nebulización evitó el marchitamiento, pero la ausencia de calor en el sustrato no propició la formación de raíces.

CUADRO 27 ANDEVA. Para la variable número de estacas de Cotoneaster vivas						
Fuente de variación	Grados de libertad (g)	Suma de cuadrados (Sc)	Cuadrado medio (Cm)	F Observada	F Requerida	
					5%	1%
Total	8	876				
Tratamiento	2	833	416.4	57.04	5.14	10.92
Error	6	44	7.3			

$F_{obs} > F_{req}$ si existe diferencia significativa

Tanto el cuadro 25 como el cuadro 27 nos muestra que existe diferencias entre los tratamientos.

4.- Número de estacas muertas.

En el cuadro 20 se observa que el tratamiento que presentó un mayor número de estacas muertas fue el tratamiento sin nebulización sin calor de fondo, el cual no tuvo estacas enraizadas.

CUADRO 28. ANDEVA. Para las variables número de estacas de Cotoneaster muertas:						
Fuente de variación	Grados de libertad (g)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	F Observada	F Requerida	
					5%	1%
Total	8	9,170				
Tratamiento	2	9,042	4,521	211.9	5.14	10.92
Error	6	128	21			

$F_{obs} > F_{req}$ si existe diferencia significativa

El cuadro 28 de análisis de varianza y el cuadro 25 de la prueba de rango múltiple de DUNCAN muestran que existió diferencia significativa entre los tres tratamientos, siendo el tratamiento C (Sin nebulización sin calor) el que mayor número de estacas muertas presentó, debido a las condiciones ambientales de baja humedad relativa, estos resultados indican que mientras la humedad relativa evita el marchitamiento de las hojas de las estacas, el calor de fondo estimula la producción de raíces, los dos factores actúan de manera conjunta para lograr buenos resultados en el enraizamiento (23, 43).

Al analizar el cuadro 17 se observa que la humedad relativa interior fue mayor con 14% en la sección con nebulización y calor de fondo, 11% mayor en la sección d nebulización y 7% mayor que el testigo.

Aunque en las dos primeras existió nebulización, la sección que tuvo calor de fondo presentó una mayor humedad relativa debido al calor desprendido por la resistencia la cual provoca una mayor evaporación del agua del sustrato; sin embargo, esto también influyó en la temperatura interior la cual promedió 24°C comparada con la temperatura del tratamiento sin nebulización y sin calor de fondo la cual fue de 22°C. (Cuadro 18). Las observaciones demostraron que la humedad relativa interior de la cámara fue directamente proporcional a la humedad relativa exterior; también se observó que a mayor humedad relativa exterior es menor la diferencia entre esta y las humedades relativas de los tres tratamientos.

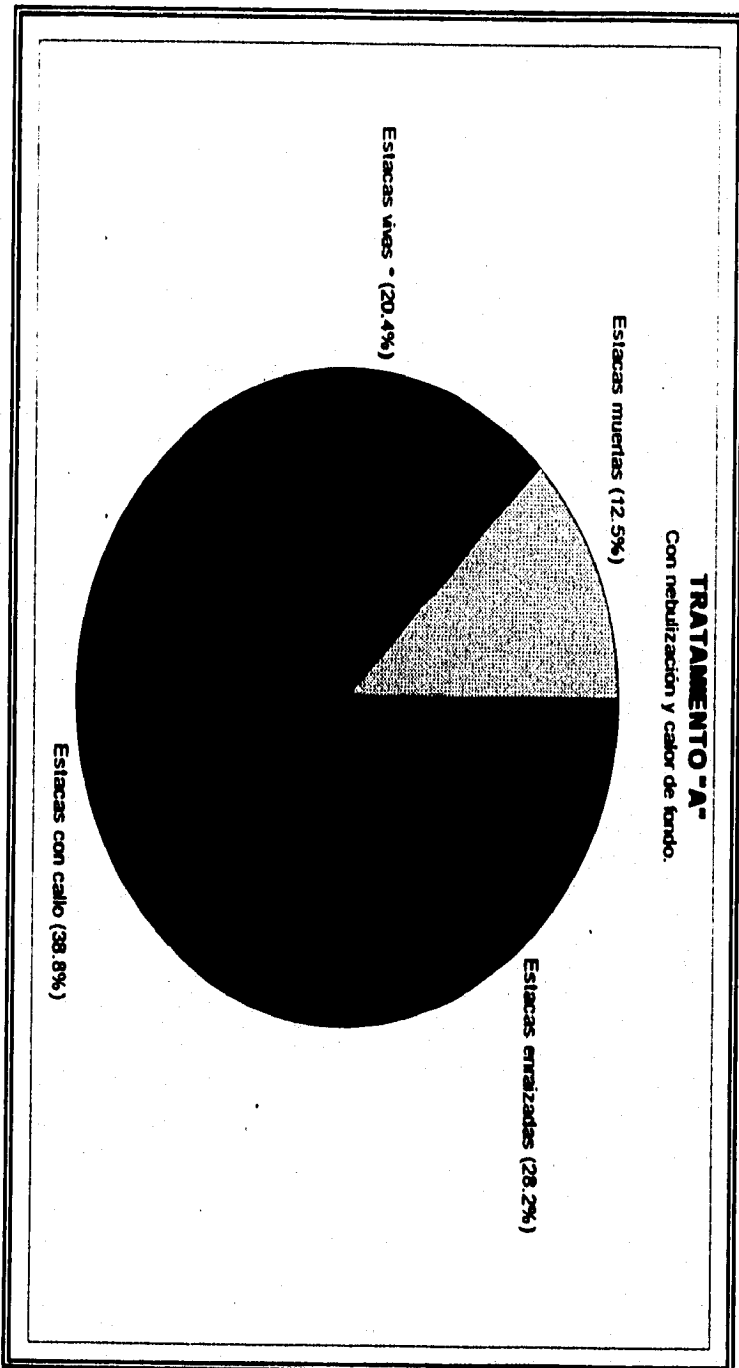
Estos factores sumados a la temperatura del sustrato que fue de 25°C constante para el tratamiento de nebulización y calor de fondo y de 15°C en promedio para los dos tratamientos restantes, tuvieron una influencia decisiva en los resultados obtenidos. (Cuadro 19)

Las temperaturas interiores promedio (Cuadro 18) fueron de 6°C superior a la sección de nebulización y de 4°C mayor en el testigo con respecto a la interior, la diferencia entre temperaturas se debió al calor desprendido por la resistencia, la cual trabajó las 24 Hrs del día manteniendo una temperatura constante en el sustrato de 25°C comparada con los 15°C de los sustratos de los tratamientos Ay B (Cuadro 19).

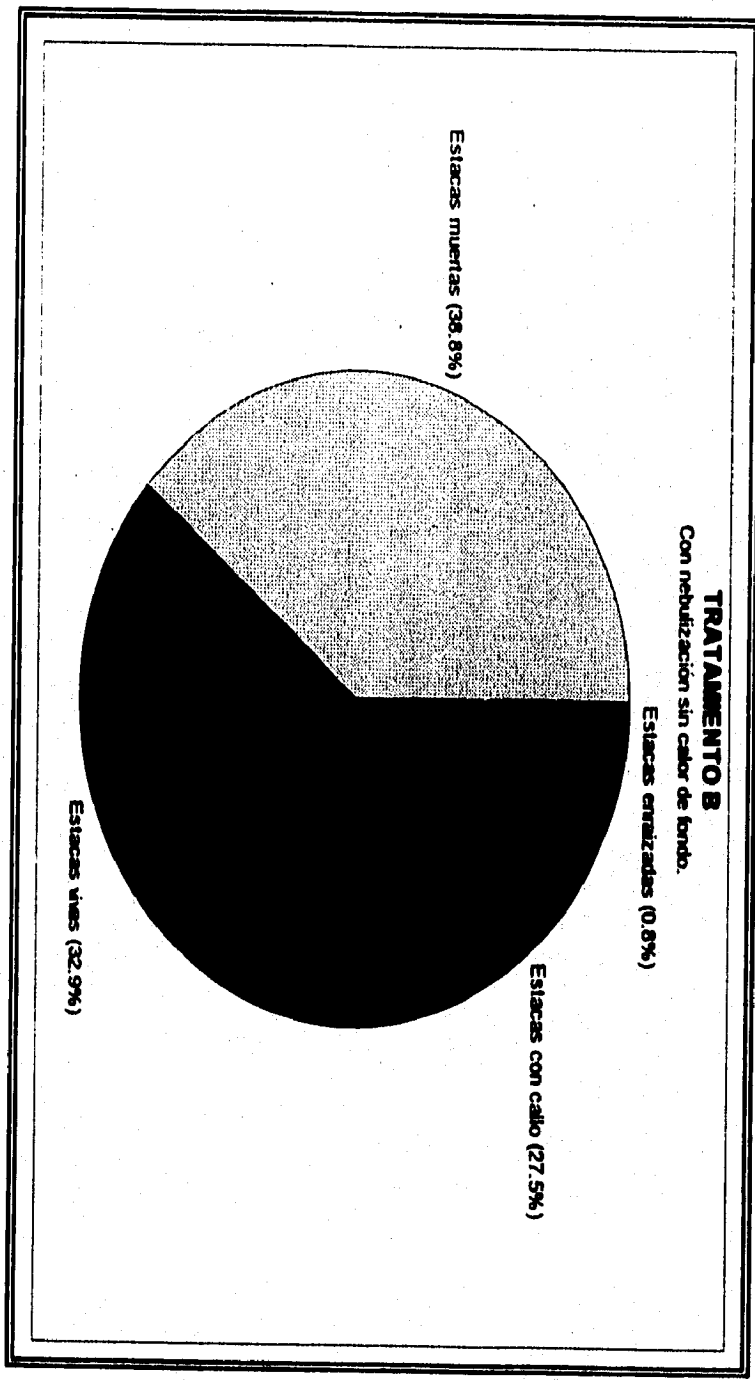
VII. CONCLUSIONES

- 1.- Se diseñó y construyó una cámara de propagación de plantas con nebulización intermitente y calor de fondo con materiales comprados en el mercado nacional.
- 2.- El costo final de un equipo como este resultó ser más bajo comparado con equipos de importación.
- 3.- Los materiales utilizados en la construcción del equipo fueron eficientes, fáciles de conseguir en el mercado nacional y cumplieron con las características de resistencia, durabilidad, funcionamiento y economía.
- 4.- Los sistemas de nebulización y calor de fondo resultaron ser eficientes, ya que al realizar las pruebas no se presentó ningún problema en su funcionamiento.
- 5.- El calor de fondo y la nebulización intermitente son determinantes en el proceso de enraizamiento de estacas de cotoneaster (Especie de difícil enraizamiento).
- 6.- La cámara construida acorta el tiempo de enraizamiento de estacas, comparada con técnicas tradicionales.

ANEXO 1. GRAFICAS

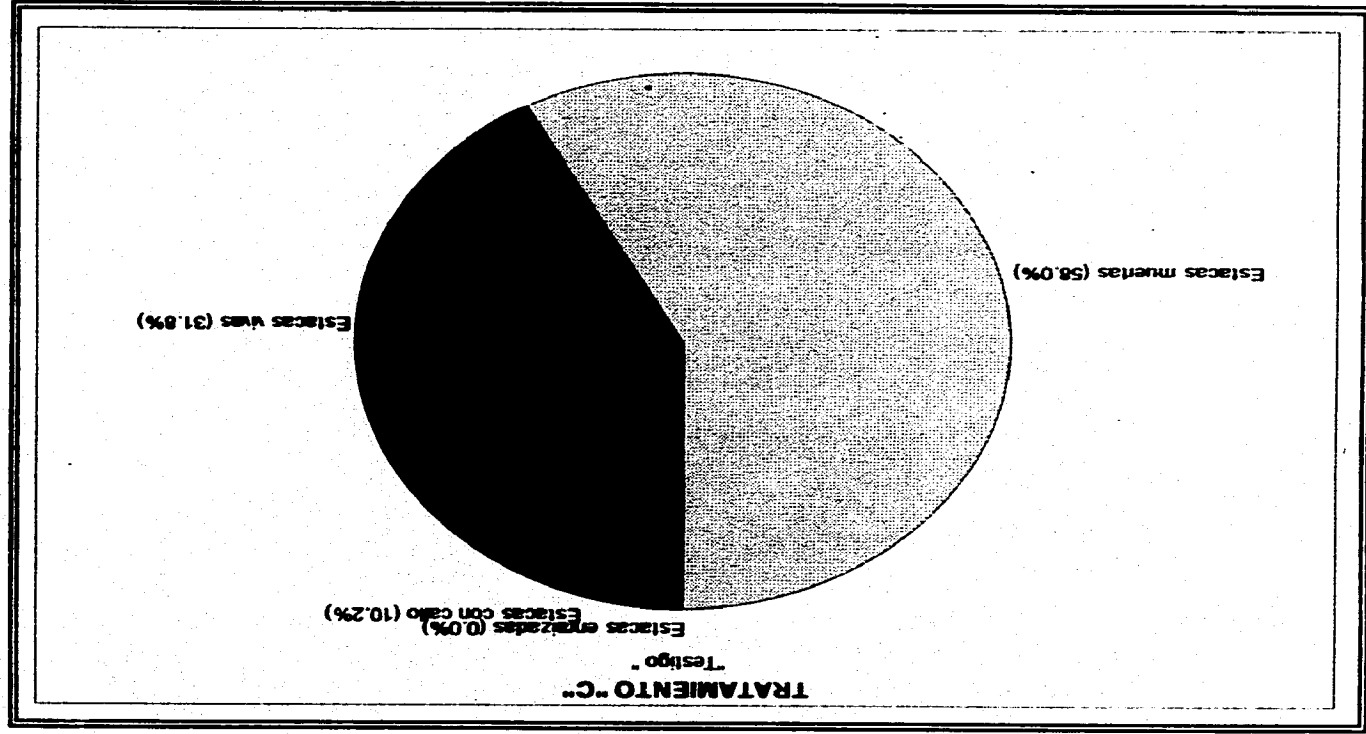


*Estacas vivas (sin callo y sin raíz)



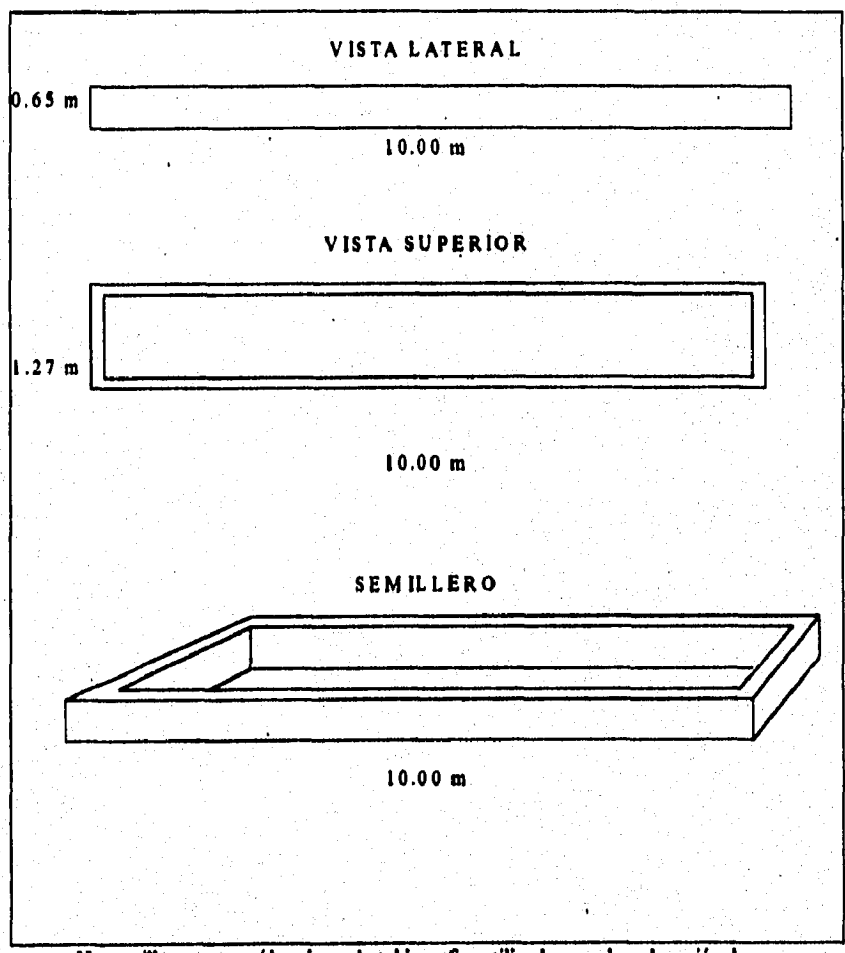
*Estacas vivas (sin callo y sin raíz)

*Estacas vivas (sin callo y sin raiz)



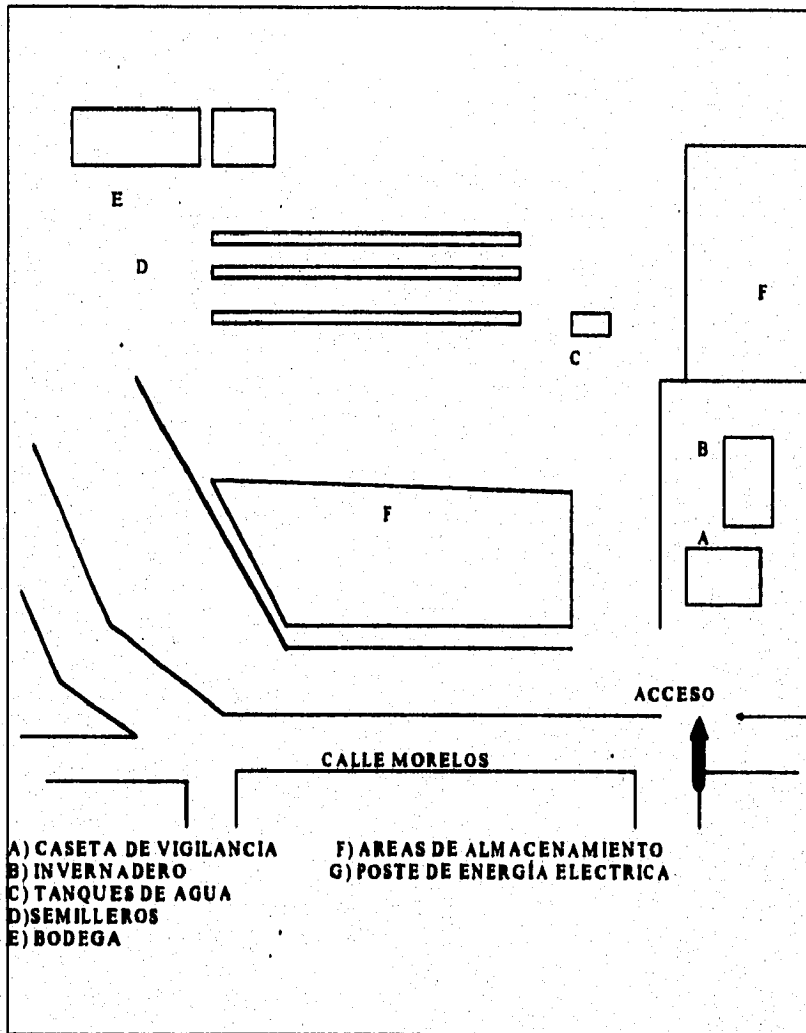
ANEXO 2. FIGURAS

FIGURA 1. INFRAESTRUCTURA USADA PARA EL MONTAJE DE LOS MODULOS.



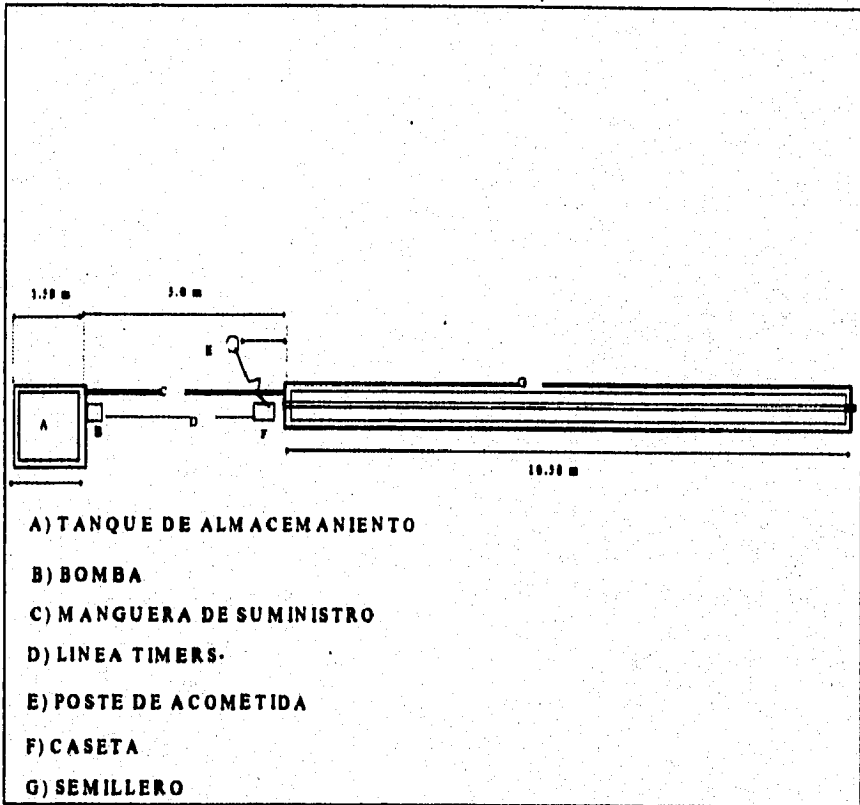
Un semillero construido a base de tabique fue utilizado para la colocación de los módulos de la cámara de propagación.

FIGURA 2. PLANO DE DISTRIBUCIÓN DEL VIVERO LOS REMEDIOS.



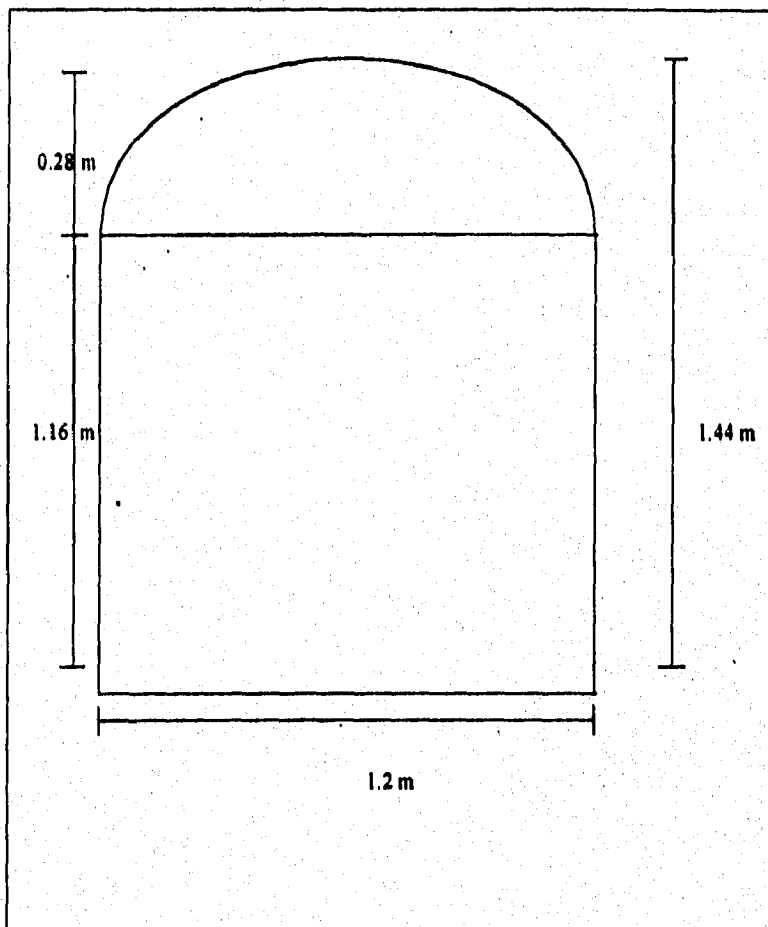
El plano de localización muestra los elementos con que cuenta el vivero del Centro de Formación Ambiental "Los Remedios".

FIGURA. 2 DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE NEBULIZACIÓN EN EL TERRENO.



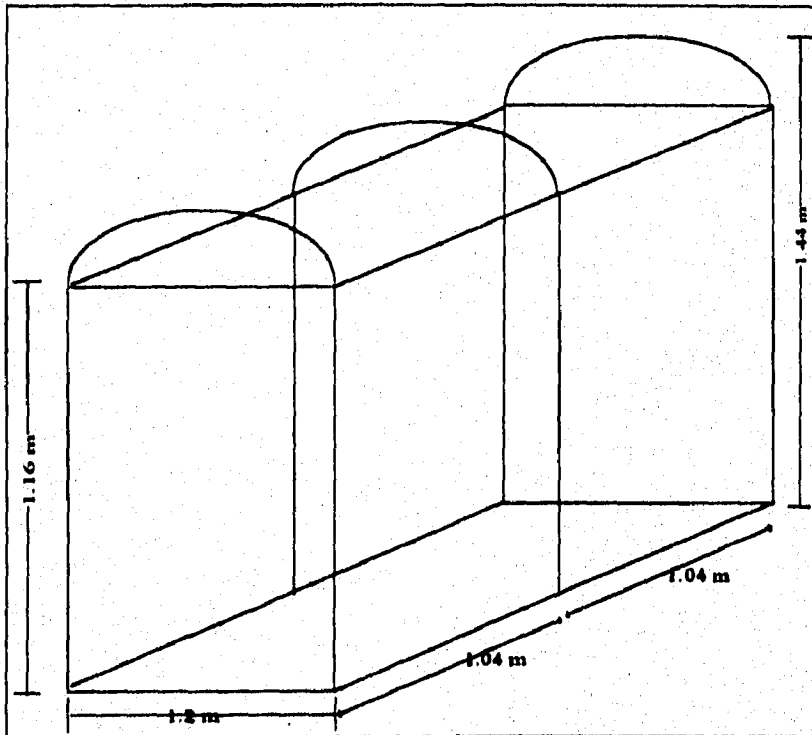
El dibujo muestra los elementos del sistema de nebulización y su distribución de acuerdo a la función de cada uno.

FIGURA 3. VISTA FRONTAL DE MODULO DE ESTRUCTURA.



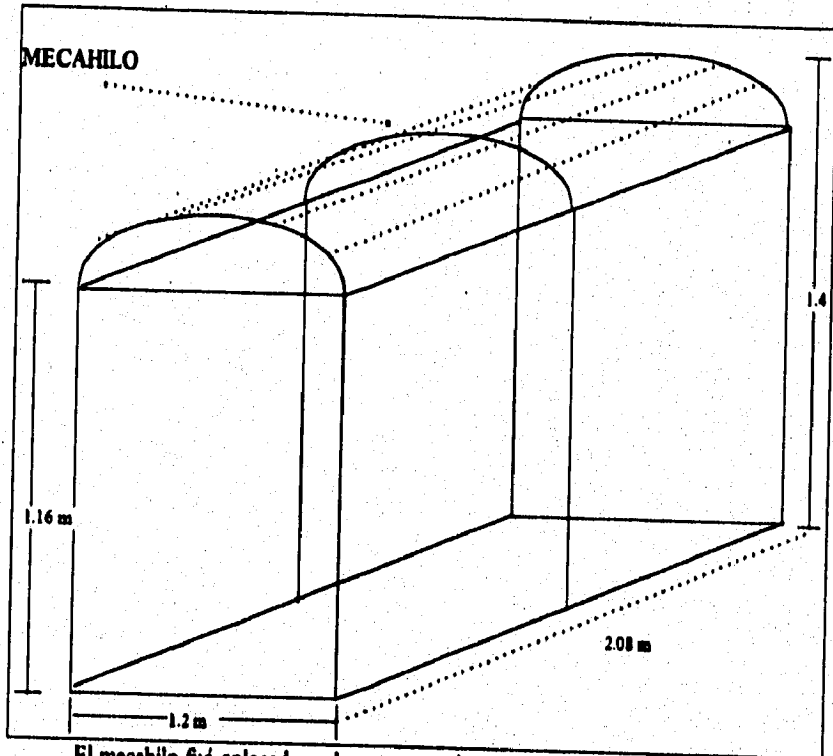
La estructura de la cámara de propagación fué construída a base de varilla con la forma y las medidas que señala el dibujo.

FIGURA 4. MODULO DE ESTRUCTURA ISOMETRICO



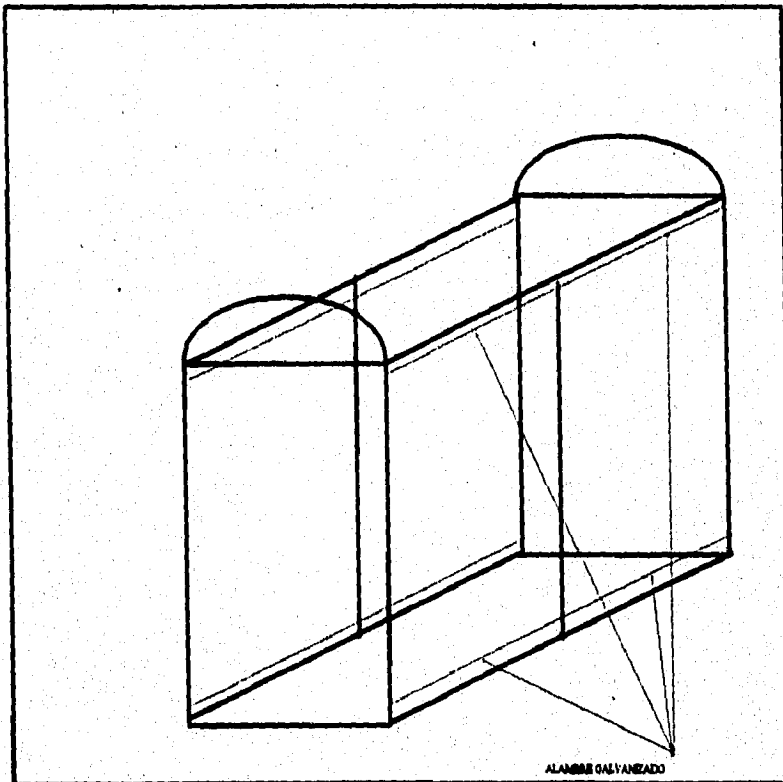
Cada uno de los módulos fue construido con varilla y armado mediante soldadura eléctrica con las dimensiones señaladas en el dibujo.

FIGURA 5. COLOCACIÓN DE MECAHILO.



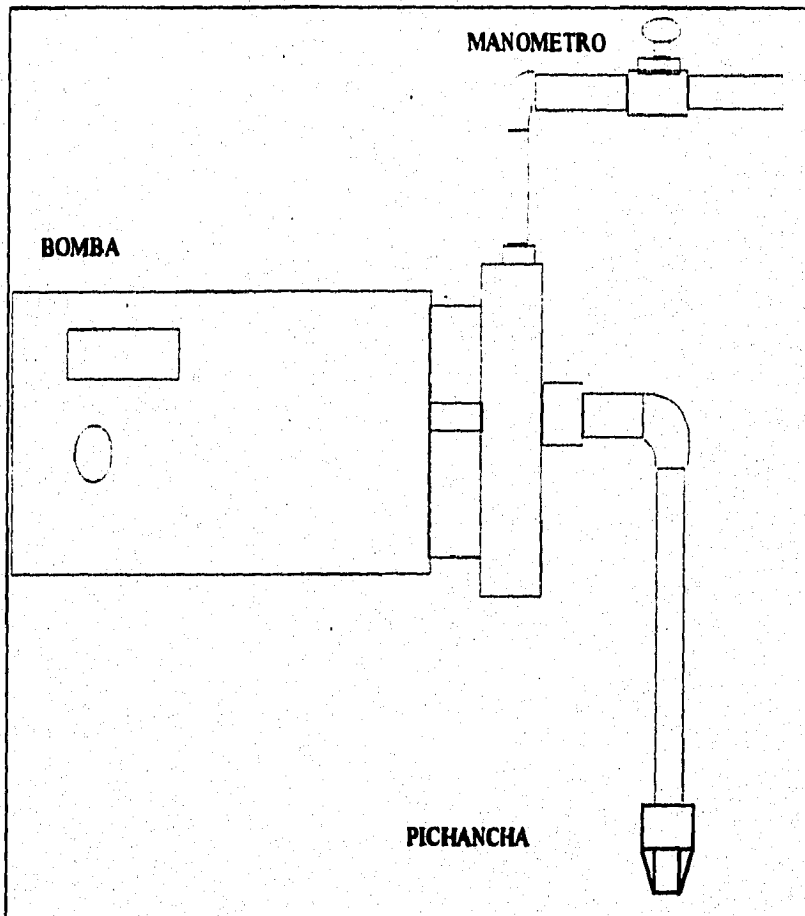
El mcahilo fué colocado en la parte superior con el fin de dar mayor área de soporte al plástico de manera que este no sufriera deformaciones.

FIGURA 6. COLOCACIÓN DE ALAMBRE GALVANIZADO.



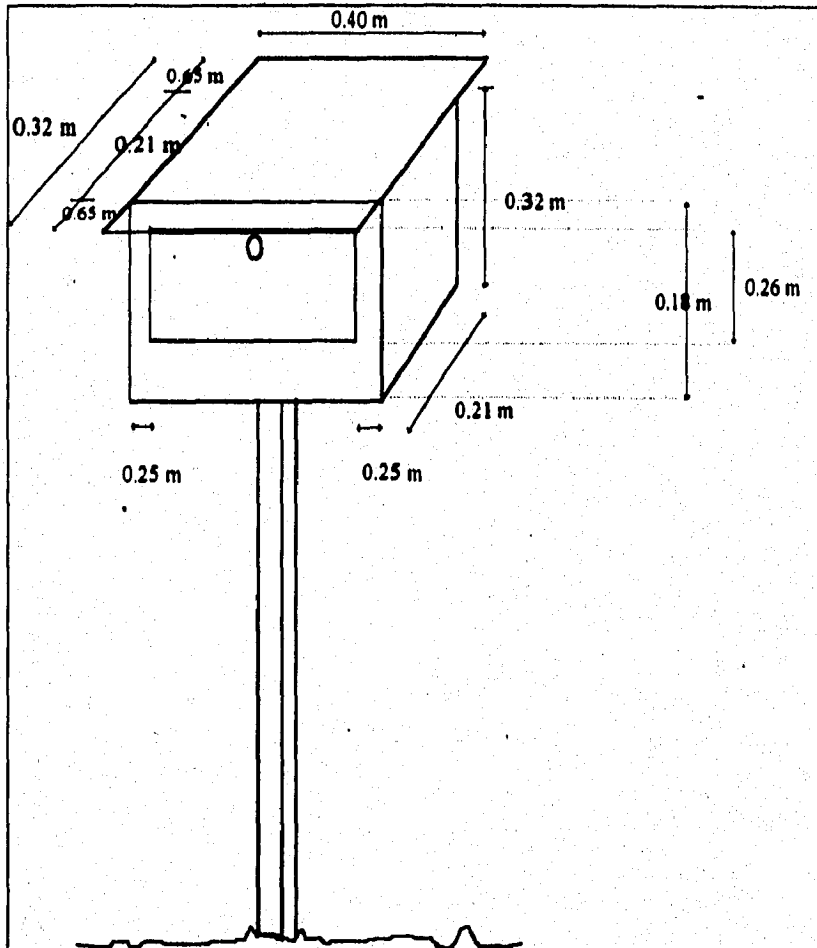
En el dibujo se muestra la colocación del alambre galvanizado en la estructura de la cámara, el cual sirvió como soporte para las cortinas corredizas.

FIGURA 7. CONEXIONES HIDRAULICAS EN LA BOMBA



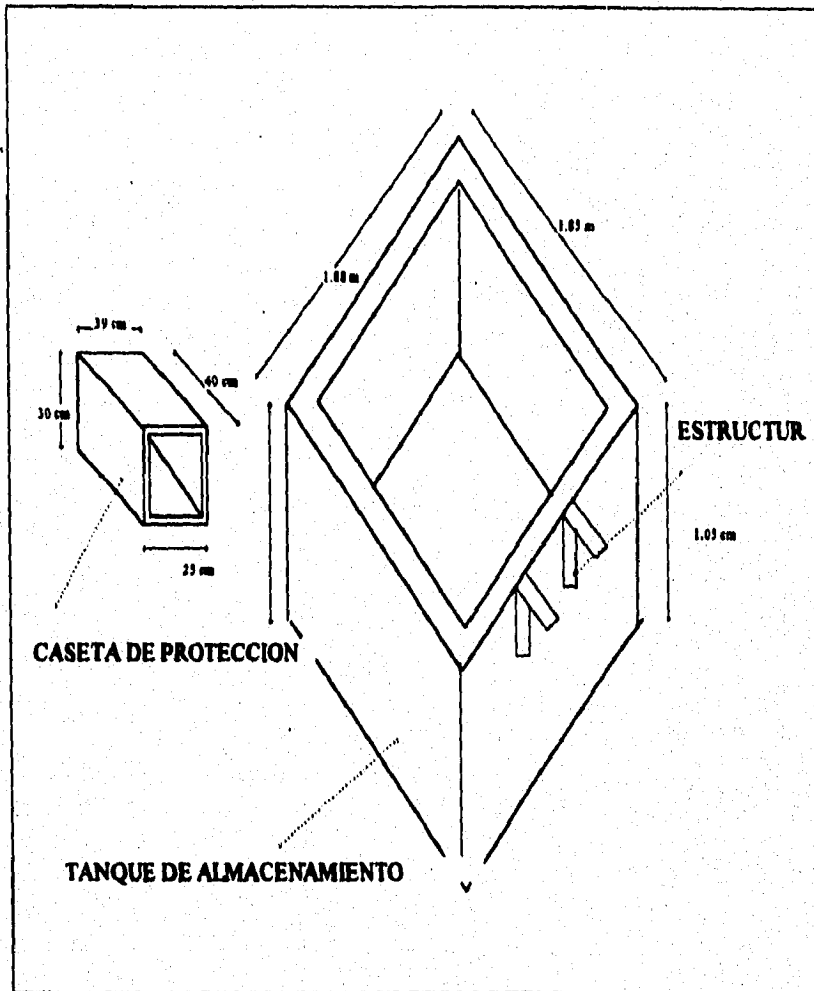
Los materiales utilizados para hacer las conexiones hidráulica de la bomba de 1/4 de HP fueron de tubo galvanizado de una pulgada, según se muestra en el dibujo.

FIGURA 8. CASETA DE TEMPORIZADORES.



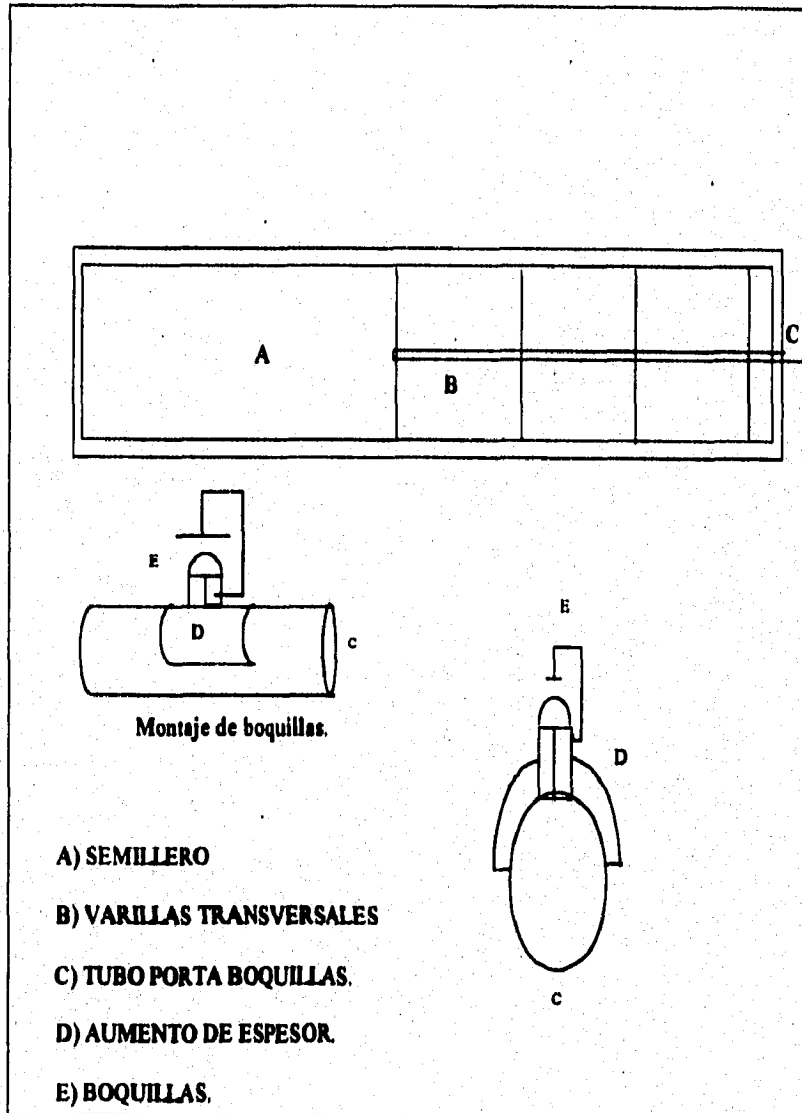
La caseta sirvió para proteger a los temporizadores contra lluvia y mantenerlos en estado óptimo para un buen funcionamiento.

FIGURA 9. TANQUE DE ALMACENAMIENTO



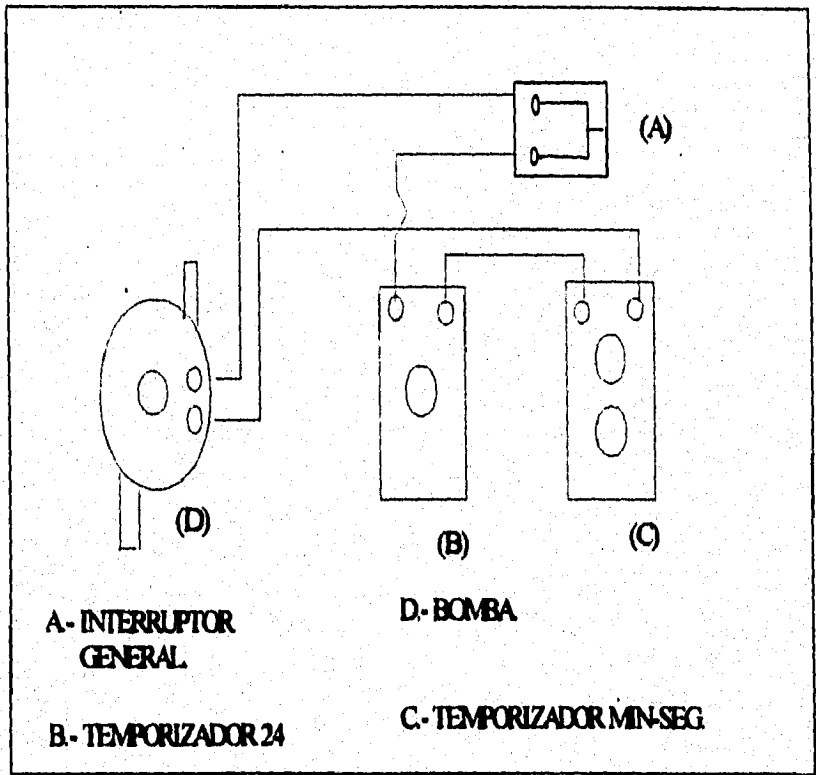
Se utilizó una pileta de tabique como almacenamiento de agua para el suministro de la misma al sistema de nebulización, a un costado de la estructura se montó una caseta de lámina con el fin de proteger la bomba.

FIGURA 10. MONTAJE DE BOQUILLAS.



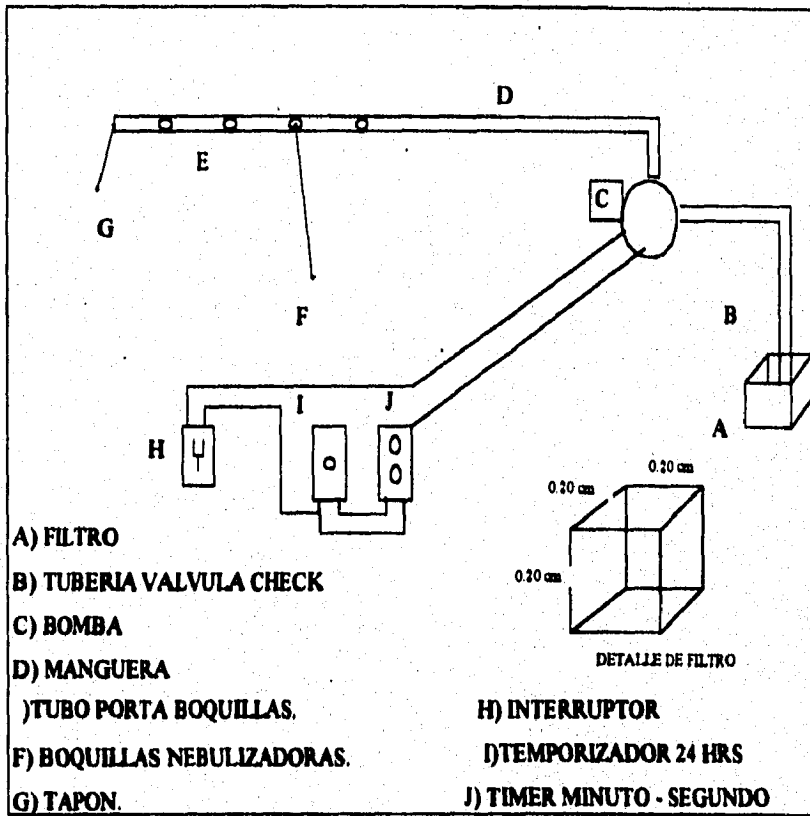
Las boquillas fueron colocadas sobre el tubo de PVC y selladas con pegamento, posteriormente el tubo fué colocado sobre el semillero y fijado por medio de abrazaderas.

FIGURA 11. CONEXIONES ELECTRICAS (TEMPORIZADORES - BOMBA).



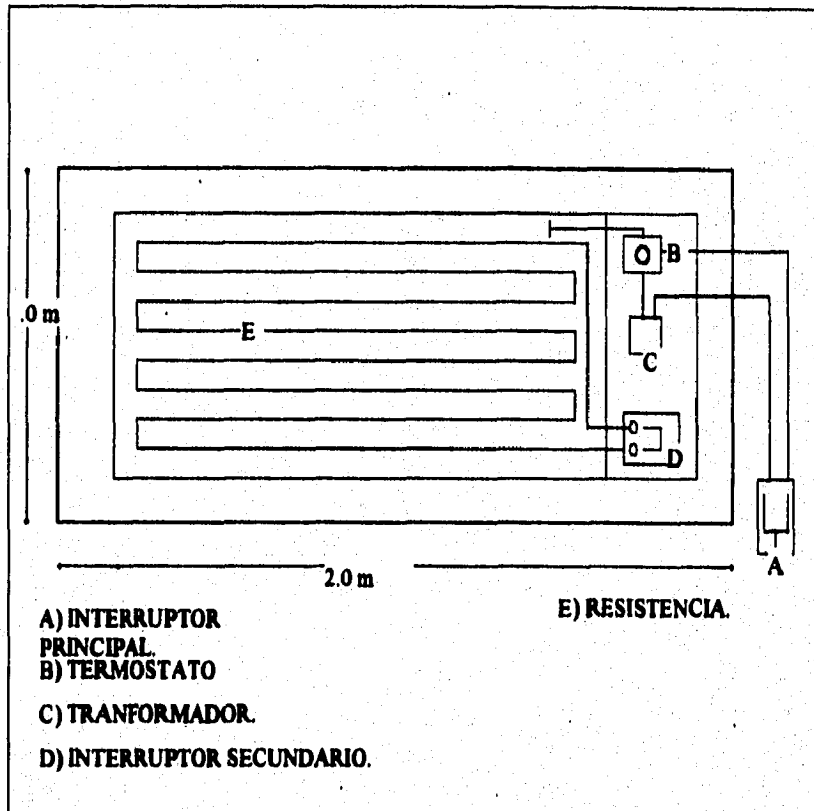
Una vez instalada la bomba sobre el tanque de almacenamiento se realizó la conexión de esta hacia los temporizadores según muestra el dibujo.

FIGURA 12. INSTALACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE NEBULIZACIÓN.



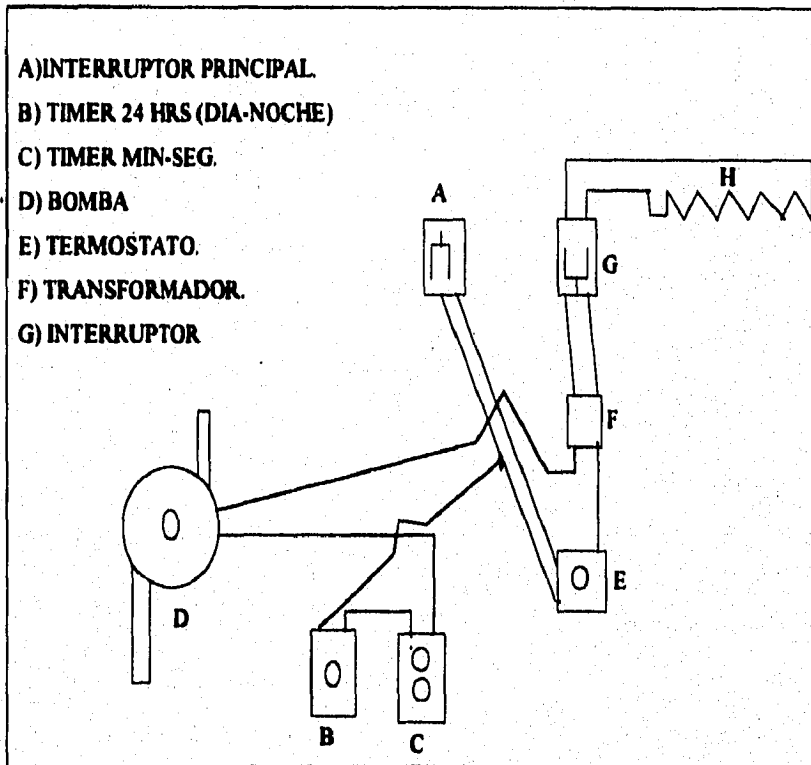
El diagrama de distribución de los elementos del sistema de nebulización señala todos los elementos utilizados para su instalación sus especificaciones se mencionan en el apartado correspondiente.

FIGURA 13. INSTALACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO.



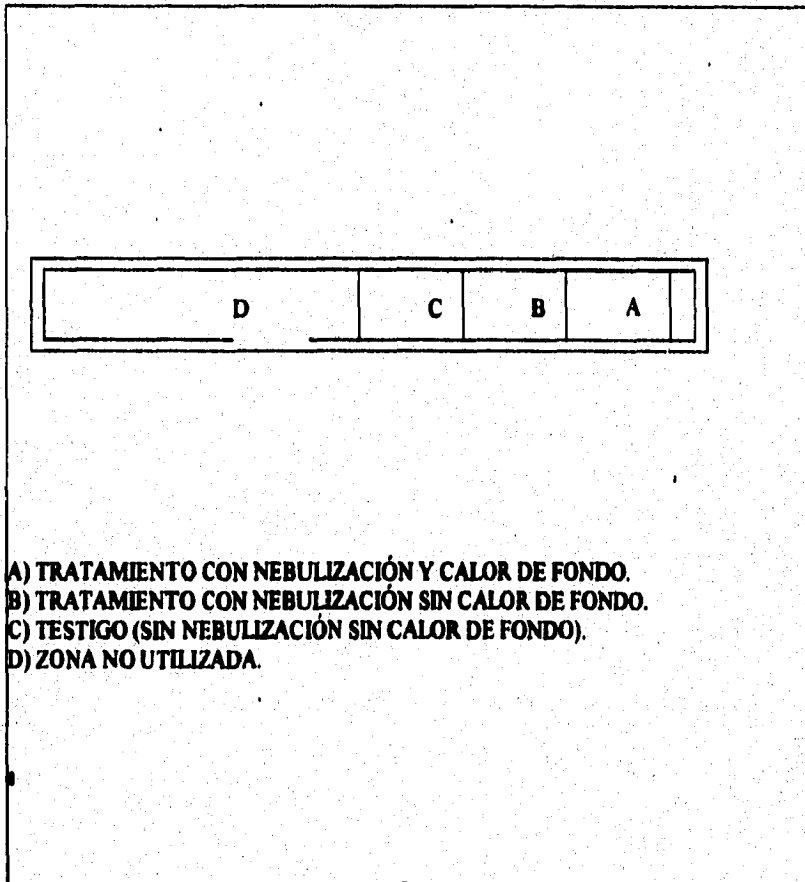
El sistema de calentamiento fué el elemento que se utilizó para mantener la temperatura del sustrato constante durante la prueba de enraizamiento, en su construcción se utilizaron elementos de bajo costo.

FIGURA 14. INSTALACION ELECTRICA GENERAL.



El dibujo muestra la forma en que fueron conectados los elementos principales del sistema de nebulización y calentamiento, así como la conexión al sistema de suministro de energía general.

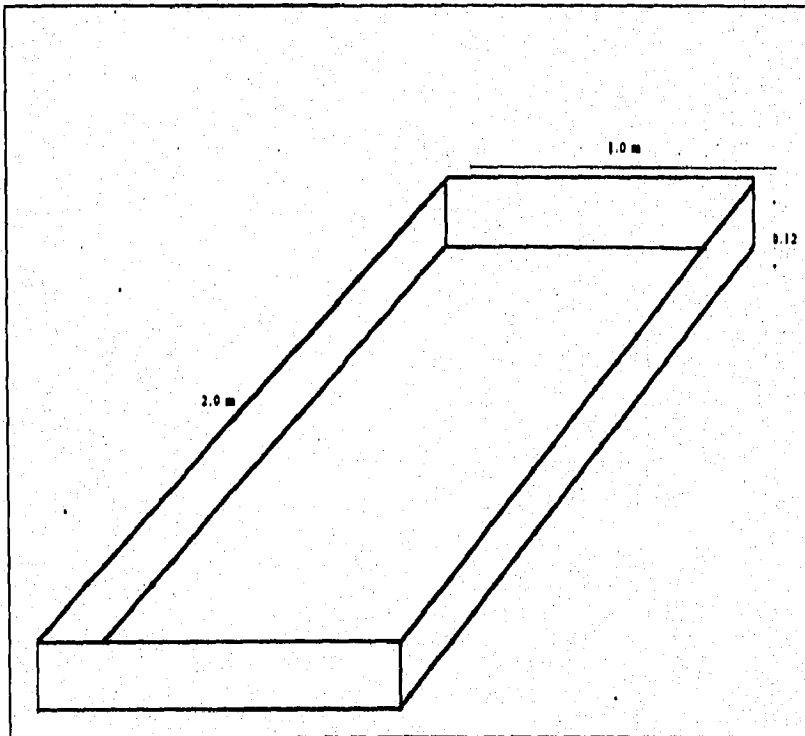
FIGURA 15. DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS EN LA INFRAESTRUCTURA USADA.



- A) TRATAMIENTO CON NEBULIZACIÓN Y CALOR DE FONDO.**
- B) TRATAMIENTO CON NEBULIZACIÓN SIN CALOR DE FONDO.**
- C) TESTIGO (SIN NEBULIZACIÓN SIN CALOR DE FONDO).**
- D) ZONA NO UTILIZADA.**

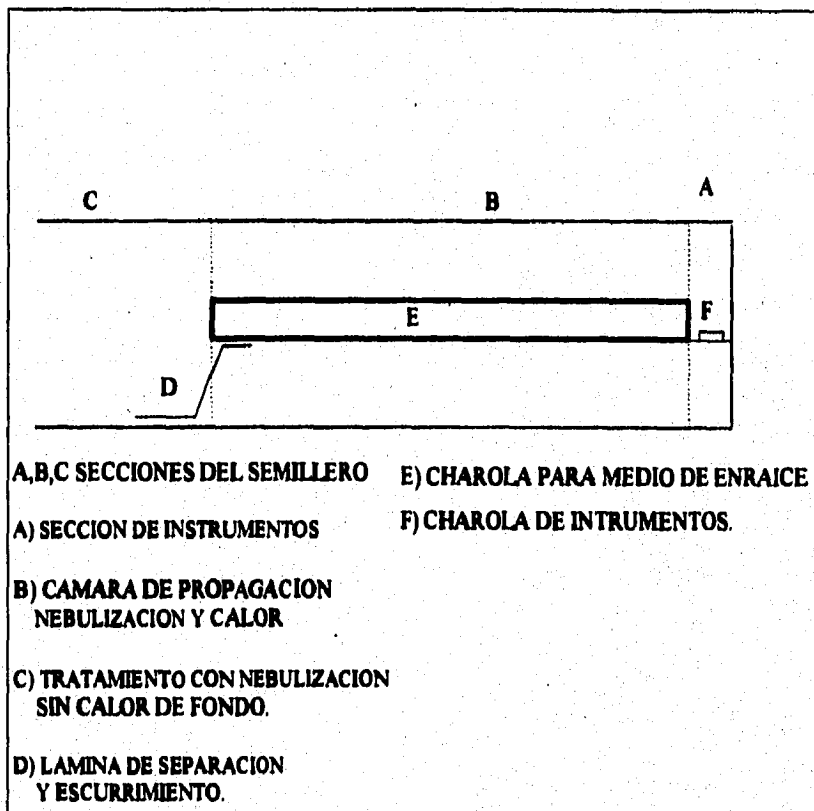
El dibujo muestra una vista superior de la distribución de los tratamientos en el semillero utilizado para la construcción de la cámara de propagación.

FIGURA 16. CHAROLA PARA MEDIO DE ENRAICE.



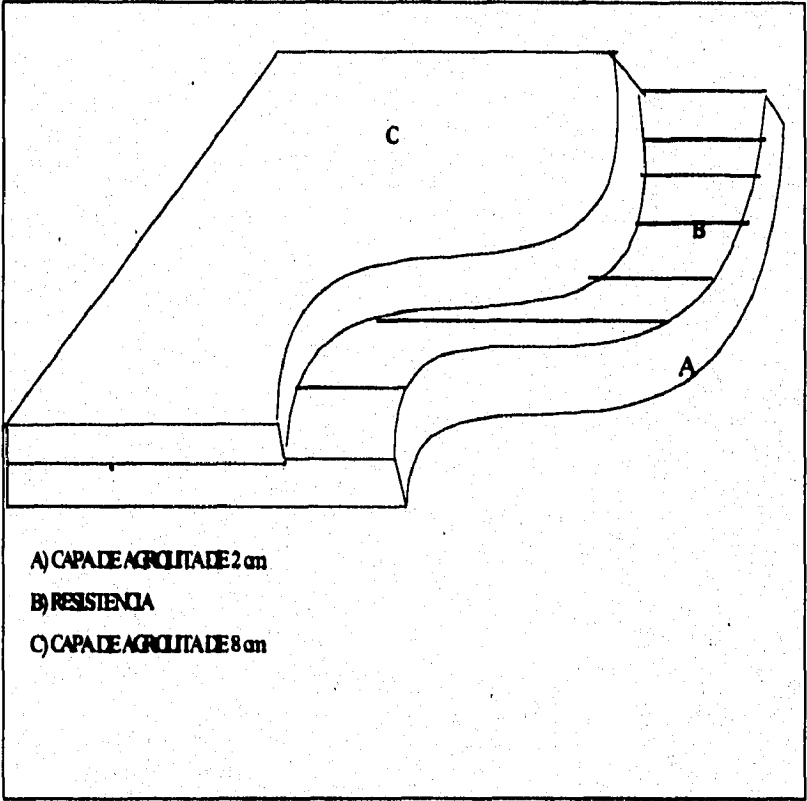
La charola fué construida a base de lámina galvanizada calibre 18.

FIGURA 17. COLOCACIÓN DE LA CHAROLA EN EL SEMILLERO.



EL dibujo muestra un vista lateral de la forma en que fué colocada la charola en el semillero utilizado para la construcción de la cámara de nebulización.

FIGURA 18. DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL EN LA CHAROLA.



La resistencia se colocó entre dos capas de agrolita; primero se cubrió el fondo de la charola con una capa 2 cm de agrolita y sobre esta fué colocada la resistencia, posteriormente se colocaron 8 cm del mismo sustrato para cubrirla por completo.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Anónimo. 1980. Equipment guide for propagators and nursery.
Ed. Gloeckner. Nueva York. 500 pp.
- 2.- Anónimo. 1993. Humert International Catalog.
St. Louis Missouri U.S.A. 520 pp
- 3.- Allan, P. 1990. Vegetative propagation and production of "Honey gold" papayas.
Act. Hort. 269: 105-111.
- 4.- Altman, A. 1988. A new fog aeroponics system for propating and growing
horticultural plants. Prop. Soc. No. 38: 207-208.
- 5.- Baena, Paz. 1987. Instrumentos de investigación y trabajos académicos.
Ed. Trillas 5ª ed. México. p.75
- 6.- Becerril, L. 1991. Instalaciones eléctricas prácticas.
11ª ed. México. 225 pp.
- 7.- Camacho, M y Gonzalez V. 1993. Guía Tecnológica para el cultivo del
Cotoneaster. Guía Tecnológica No. 3 INIFAP SARH México.
- 8.- Carvalho C. (s/f) Miniunidades de propagación vegetativa y de germinación de
semilla Escuela Nacional de Fruticultura. CONAFRUT, México.
- 9.- Cronquist, A. 1980. Introducción a la botánica.
3ª ed. Ed. CECSA. México. p. 710.
- 10.-Chong, C. 1989. Effect of the use of plugs an of rooting medium on growth of
privet. Comb. Proc. Int. Plant Prop. Soc. 39: 507-507.
- 11.- Davis, E. 1968. A laboratory chamber for rooting cutting. Bot. Gaz. 129 (1):
86-89.
- 12.- Davis, T. 1991. Propagation of firebush (*Hamelia patens*) by stem cuttings.
J. Env. Hort. 9:(2), 57-61.
- 13.- Denton, J. 1987. An introduction to the Micron 5 fog system Comb. Proc.
Int. Plant Prop. Soc. 37: 315-317.
- 14.- Diccionario (1988) Especialidades Agroquímicas.
2ª ed. Ed. PLM, México. p. 685

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 15.- Feldman, W. 1986. Effects of mode of transport and time of excision on rooting and early growth of jojoba cuttings. *Plant Prop.* 32: (4), 4-6.
- 16.- Fox, B. 1972. Propagation of cotoneaster. *Comb. Proc. Int. Plant Prop. Soc.* 22: 213-218.
- 17.- Fretz, T. 1980. *Plant propagation lab manual*. Third Ed. Burgess Pub. Com. Min. Min. U.S.A. 250 pp.
- 18.- Giacomelli, G. 1989. Try alternative methods of evaporation cooling. *Act. Hort.* 257: 29-40.
- 19.- Gleck, K. 1981. *Manual de fórmulas técnicas*. Ed. Alfa-Omega. 8^{ed}. México.
- 20.- Graham, S. 1992. *Ornamental shrubs*. Ed. Timber press. 3^{ed}. U.S.A. pp.112
- 21.- Gordon, Y. 1988. Fogging systems for propagation. *Com. Proc. Int. Plant. Prop. Soc.* 38: 84-86.
- 22.- Gupta, V. 1986. Effects of growth regulators on root formation in (*Tabernaemontana coronaria*) var. "flore pleno" tip cutting under intermittent water mist.
- 23.- Hartman, H. 1989. *Propagación de plantas principios y prácticas*. Ed. C.E.C.S.A. México. 350 pp.
- 24.- Henry, P. 1992. Nitrogen nutrition of containerized eastern redcedar. II influence of stock plant fertility on adventitious rooting of stem cutting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117: (4), 568-570.
- 25.- Hessayon, D. 1985. *Arboles y arbustos de jardín. Manual de cultivo y conservación*. Ed. BLUME. 2^{ed}. España. 80 pp.
- 26.- Horrelk, B. 1989. Propagation and regulation of phase change in some heteroblastic species of New Zealand. *Comb. Proc. Int. Plant Prop. Soc.* 39: 268-274.
- 27.- Howard, F. 1990. Propagation of west indies mahogan *Swietenia mahagoni* by cutting. *Turrialba.* 40:(1), 30-32.
- 28.- Howard, B. 1990. Improving propagation techniques. Getting in the environmental ragth. *Garden London.* 115: (12), 646-649.

- 29.- Howard, F. 1987. Effects of water status on rooting and establishment of leafless winter(hardwood) cuttings. *Act. Hort.* 227: 134-140.
- 30.- Iglwisis, I. 1987. Effect of dormancy on the rooting of chestnut cutting. *Act. Hort.* 227: 173-175.
- 31.- Keever, G. 1989. Effect of floral buds, flowers and fruits on the propagation of four woody ornamentals from stem cutting. *App. Agr. Res.* 4: (4), 285-287.
- 32.- Loach, K. 1988. Propagation system in the 1980's: a perspective on the best available. *Comb. Proc. Int. Plant. Prop. Soc.* 38: 308-315.
- 33.- Mahlstedt, J. 1957. *Plant propagation*. Ed. John Wiley & Sons. 3a ed. N.Y. U.S.A. 360 pp.
- 34.- Mainer, P. 1980. *Manual para la formulación y evaluación de proyectos*. Ed. siglo XXI. 4ª ed. México. 200 pp.
- 35.- Mason, W. 1987. Propagating sitka spruce under intermittent mist and other Systems. *Com. Proc. Int. Plant Prop. Soc.* 37: 294-303.
- 36.- Maynard, B. 1992. Stock plant etiolation, shading and bending effects on cutting propagation of *Carpinus betul*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117: (5), 740-744.
- 37.- Moulin, J. 1988. Propagation of *Grevillea* híbridos. *Com. Proc. Int. Plant Prop. Soc.* 38: 104-105.
- 38.- Myers, J. 1990. Vegetative propagation of rocky Mountain Douglas-fir by stem cuttings. *Tree Planter Notes.* 41:(3), 3-6.
- 39.- Nehrlin, A. 1978. *Propagation House plants*. Ed. Hearthside Press Inc. 2ª ed. N.Y. U.S.A. 160 pp.
- 40.- Newton, A. 1993. Characterization of microclimate in mist an non-mist propagation systems. *J. Hort. Sci.* 68:(3), 421-430.
- 41.- Pandey, D. 1989. A note of propagation of olive through cuttings. *Prog. Hort.* 21:(1-2), 182-183.
- 42.- Pidi, N. 1981. *La multiplicación de plantas*. Ed. De Vecchi. 2ª ed. Barcelona. España. 180 pp.

- 43.- Pokorny, F. 1965. An evaluation of various equipments and media used for mist propagation and their relative cost. Ga. Agr. Exp. Bull. No. 139. ed. Sam Burges. georgia U.S.A. 30 pp.
- 44.- Rzendowski, J. 1977. Flora excursoria en el valle de México. Ed. Porrúa. 2ªed. México. 303 pp.
- 45.- Still, S. 1991. Effects of K-IBA rates and timing on rooting percentage and root quality. Comb. Proc. Int. Plant Prop. Soc. 9: (2), 86-88.
- 46.- Studebaker, D. 1980. Propagation method affect Taxus cutting and liner quality. Com. Proc. Int. Plant. Prop. Soc. 38: 550-554.
- 47.- Wang, Y. 1989. Effect of water salinity, IBA concentration and season on rooting of Japanese box wood cuttings. Act. Hort. 246: 191-198.
- 48.- Valkekenburg, H. 1992. Electricidad básica. Vol. 1 y 2. Ed. C.E.C.S.A. 1ªed. 10ªreimpresión. México. 140 y 160. pp.