

25  
rej,



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**

**REGULADORES AUXINICOS EN EL ENRAIZAMIENTO  
DE ESTACAS DE CAPULIN (Prunus capuli Cav.)**

**T E S I S**

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

**PRESENTA**

**MARIA GUADALUPE LAGUNES LOPEZ**

**DIRECTOR DE TESIS**

**M.C. OFELIA GRAJALES MUÑIZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

REGULADORES AUXINICOS EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE CAPULIN

( Prunus capuli Cav )

	<u>hoja</u>
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 GENERALIDADES DEL CAPULIN	4
2.1.1 <u>Variedades cultivadas en México</u>	4
2.1.2 <u>Estadísticas de producción</u>	4
2.1.3 <u>Meses e intensidad de la cosecha</u>	6
2.1.4 <u>Precios</u>	6
2.1.5 <u>Valor nutritivo del capulín</u>	6
2.1.6 <u>Industrialización</u>	7
2.1.7 <u>Empaque</u>	7
2.1.8 <u>Conservación</u>	7
2.1.9 <u>Estudios experimentales recientes sobre la propagación de capulín</u>	7
2.2 PROPAGACION SEXUAL Y ASEXUAL	9
2.2.1 <u>Propagación sexual</u>	9
2.2.2 <u>Propagación asexual</u>	10
2.2.3 <u>Propagación por estacas</u>	12
2.3 BASES ANATOMICAS Y FISIOLÓGICAS DE LA PROPAGACION POR ESTACAS DE TALLO (ENRAIZAMIENTO)	15
2.3.1 <u>Bases anatómicas del enraizamiento</u>	15

2.3.2	<u>Bases fisiológicas del enraizamiento</u>	17
	(hormonas vegetales y fitorreguladores)	
2.3.2.1	<u>Auxina</u>	18
	a) Metabolismo	18
	b) Transporte	19
	c) Mecanismo molecular de acción	20
	d) Efectos fisiológicos	22
2.3.2.2	<u>Citocininas</u>	24
2.3.2.3	<u>Giberelinas</u>	24
2.3.2.4	<u>Etileno</u>	25
2.3.2.5	<u>Otros materiales de ocurrencia natural</u>	26
2.3.2.6	<u>Cofactores de enraizamiento</u>	26
2.4	FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE TALLO	31
2.4.1	<u>Selección de material</u>	31
2.4.1.1	<u>Condición fisiológica de la planta madre</u>	31
2.4.1.2	<u>Edad de la planta madre</u>	32
2.4.1.3	<u>Tipo de madera de la estaca</u>	33
2.4.1.4	<u>Sanidad</u>	37
2.4.1.5	<u>Epoca del año en que se obtienen las estacas</u>	37

	<u>hoja</u>
2.4.2 <u>Condiciones ambientales</u>	40
2.4.2.1 <u>Agua</u>	40
2.4.2.2 <u>Temperatura</u>	40
2.4.2.3 <u>Luz</u>	41
2.4.2.4 <u>Medio de enraizamiento</u>	42
2.4.3 <u>Fitorreguladores auxínicos</u>	43
III OBJETIVOS	47
IV HIPOTESIS	48
V MATERIALES Y METODOS	49
VI RESULTADOS	55
VII ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	57
VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
IX BIBLIOGRAFIA	65

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	<u>hoja</u>	
CUADRO N <sup>o</sup> . 1	Estadísticas de producción de capulín en México, 1980.	4
CUADRO N <sup>o</sup> . 2	Valores de superficie y rendimiento de capulín a nivel nacional en 1980	5
CUADRO N <sup>o</sup> . 3	Superficie cosechada de capulín en México durante 1969 y 1979.	5
CUADRO N <sup>o</sup> . 4	Factores que intervienen en las diferentes etapas del enraizamiento. <u>Con</u> clusión derivada de las evidencias <u>ex</u> perimentales reportadas en la literatura.	30
FIGURA N <sup>o</sup> . 1	Mecanismo molecular de acción generalizada que explica los efectos fisiológicos producidos por la auxina. Se propone de acuerdo a la conjunción de las 2 teorías sobre el mecanismo de acción de dicha fitohormona.	23

## I. INTRODUCCION.

Los frutales silvestres de nuestro país, tales como el capulín (Prunus capuli Cav.) han sido poco investigados respecto a sus potenciales de explotación, esto es, la obtención de variedades comerciales. Dicho frutal presenta bajo requerimiento de horas frío, gran adaptación a condiciones adversas del suelo (resistente salinidad y sequía), induce precocidad para la floración de otras especies, etc., por ello, en algunas ocasiones se utiliza como patrón enanizante de cerezo. La utilización de este frutal es variada, ya sea como fruto fresco o seco, en la elaboración de jaleas y mermeladas, en la preparación de un jarabe expectorante, por otra parte el consumo de las semillas tostadas y saladas es frecuente y con la madera se fabrican artesanías. Sin embargo, poco se ha investigado sobre su comportamiento al propagarlo sexual o asexualmente con fines de selección de patrones.

En la reproducción por semilla o sexual la variación de generación a generación es amplia debido principalmente a la recombinación genética surgida a través de la unión de los gametos; mientras que en la reproducción asexual o vegetativa las características genéticas se mantienen constantes ya que surgen de células genéticamente idénticas (homozigosis), por lo que ésta permite mantener características deseables en los individuos de determinada especie.

Dicho tipo de propagación es ampliamente usado para las especies frutícolas y de ahí que se hayan desarrollado diferentes técnicas,

por ejemplo: acodo, por estacas, micropropagación (cultivo de tejidos), etc., la elección de uno u otro método dependerá de la evaluación de las ventajas y desventajas que ofrece cada uno hacia la especie a tratar.

Cuando la propagación asexual es utilizada, los cultivares pueden ser perpetuados manteniendo todas las características del individuo original si se continúan empleando métodos asexuales; a los individuos que resultan de estas prácticas se les denomina clones. La ventaja principal de estos es la uniformidad de los miembros puesto que todos presentan el mismo genotipo y ellos pueden ser potencialmente iguales; además los factores ambientales pueden modificar la apariencia de la planta (fenotipo).

La propagación por estacas considera una parte de tejido vegetal (de hoja, raíz o tallo), que colocado bajo óptimas condiciones ambientales puede regenerar las partes carentes para desarrollarse como un organismo completo.

En el caso de las estacas de tallo ya presentan yemas terminales o axilares que corresponden a su nuevo potencial del tallo y el desarrollo de las nuevas raíces llamadas raíces adventicias, debe manifestarse en la base de la estaca, proceso que es denominado enraizamiento.

A través de múltiples investigaciones se ha encontrado el efecto favorable que tienen sobre el enraizamiento diversos factores tales como el uso de compuestos auxínicos, variaciones de pH, temperatura y humedad del medio de enraizamiento (sustrato), lesionado de la es-

taca, etc. De tal manera el uso de materiales químicos sintéticos auxínicos para estimular la emisión de raíces adventicias es muy común, entre los más utilizados se encuentran los ácidos indolbutírico indolacético y naftalenacético.

En el presente trabajo se compara el efecto de diferentes concentraciones de AIA y AIB en el enraizamiento de estacas con hojas y sin hojas de capulín (Prunus capuli), tomados a principios de la primavera.

## II. REVISION DE LITERATURA.

### 2.1. Generalidades del capulín.

El capulín (Prunus capuli Cav.) es una especie caducifolia originaria de México y Centroamérica, pertenece a la familia de las Rosáceas y se adapta en regiones templadas (CONAFRUT, 1985).

#### 2.1.1 Varietades cultivadas en México.

En México no existen variedades seleccionadas, únicamente se conocen tipos criollos en las zonas de mayor producción ya que prospera en forma silvestre, sin cuidar el cultivo.

#### 2.1.2 Estadísticas de producción.

CONAFRUT reporta la producción en toneladas con la participación total nacional en 1980 de la siguiente manera:

CUADRO Nº. 1.- Estadísticas de producción de capulín en México, 1980.			
Estado	toneladas	% participación	
México	5,869	30.1	
Puebla	3,549	18.2	
Tlaxcala	3,295	16.9	Chis.
Otros	6,787	38.4	D. F.
Total	19,500	100.0	Hgo.
			Jal.
			Mich.
			Mor.
			Oax.
			Ver.

FUENTE: CONAFRUT, 1985.

Comparando las estadísticas de CONAFRUT sobre la producción nacional desde el año de 1963 hasta la fecha, se observa un promedio de 20,000 toneladas.

En cuanto a la producción nacional frutícola, la SARH registra para 1980 los siguientes datos:

Cuadro N <sup>o</sup> . 2.- Valores de superficie y rendimiento de capulín a nivel nacional en 1980.			
Sup (ha) sembrada	Sup. (ha) cosechada	Rendimiento (ton/ha)	Producción (Ton)
5855	5697	4,936	28,132

Fuente: CONAFRUT, 1985.

A continuación se presenta el cuadro de la superficie cosechada a nivel nacional desde 1969 - 1979:

Cuadro N <sup>o</sup> . 3.- Superficie cosechada de capulín en México durante 1969 - 1979.											
Año	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Superficie (has)	2919	2854	2349	2608	2624	2532	2535	2878	3065	2897	6229

Fuente: CONAFRUT, 1980.

### 2.1.3 Meses e intensidad de la cosecha.

En vista de que el capulín es una especie silvestre la cosecha se refiere propiamente a la recolección, y a nivel nacional se efectúa como se indica a continuación:

cosecha máxima:	junio a julio
cosecha media :	mayo a agosto
cosecha mínima:	septiembre

### 2.1.4 Precios.

Para 1980 la SARH registra como precio medio rural total \$ 6,967/ton y como valor de la producción nacional \$ 195,993.

Durante la época de cosecha máxima en 1985 el precio por medio mayoreo fluctuó entre 12,000 a 15,000 pesos por cestos de 30 kilos.

### 2.1.5 Valor nutritivo del capulín.

Una muestra de 100 gramos de pulpa dió los siguientes resultados:

calorías	66
proteínas	1.5 g
grasas	0.0 g
carbohidratos	16.8 g
calcio	45 mg
fierro	1.42 mg
tiamina	0.04 mg
riboflavina	0.03 mg
niacina	1.0 mg
ac. ascórbico	13.0 mg
meq Ecretinol	34.8 mg

Fuente: Valor nutritivo de los alimentos  
Instituto Nacional de la Nutrición, 1974.

#### 2.1.6 Industrialización.

El consumo de esta especie es como fruta de mesa, aunque en menor escala se utiliza para elaborar una crema de capulín como vino de baja graduación de alcohol con alto contenido de glucosa.

En cuanto a sus propiedades medicinales se elabora un jarabe para la tos en Guadalajara, Jal.

#### 2.1.7 Empaque.

Dado que se trata de un fruto perecedero, se utilizan cestos de carrizo de poca capacidad.

#### 2.1.8 Conservación.

Aunque no se tiene experiencia de almacenaje, las probables condiciones en bodegas de refrigeración son:

temperatura de almacenaje	-0.055 a 0.00°C
humedad relativa	85 a 90%
período aprox. de almacenaje	10 a 14 días
contenido de agua	83%
punto promedio de congelación	-4.55°C

#### 2.1.9 Estudios experimentales recientes sobre la propagación

de capulín.

Camacho Morfín et al (1985) al identificar el mecanismo que inhibe la germinación de esta especie observaron en semillas provenientes de Huixquilucan, Jilotepec y Jilotzingo en el Estado de México que el endocarpio retrasa la germinación, por lo que no basta con abrirlo, si no que se recomienda desprenderlo; además encontraron que 24 horas de remojo en agua a 5 °C y especialmente a 22°C mejoran la germinación de un lote de Máximo Serdán, Pue.

Malpica (1985) probó la propagación de capulín por injerto, acodo aéreo y propagación invitro obteniendo en general que el uso de cito-cininas en injertos de hendidura reducen el prendimiento conforme se aumenta la concentración; el enraizamiento por acodo aéreo se incrementa al utilizar AIB en 3000 p.p.m. y en la propagación in vitro aunque presenta problemas en el establecimiento, la dosis de 4.0mg/l de AIB estimuló la proliferación de 4 - 6 brotes/explante y el enraizamiento se favoreció en la obscuridad disminuyendo el tiempo.

## 2.2 PROPAGACION SEXUAL Y ASEXUAL.

### 2.2.1 Propagación sexual.

La forma natural de propagación de los vegetales es la reproducción sexual o sea por semilla. A la formación de esta semilla anteceden divisiones celulares meióticas para reducir a la mitad el número total de cromosomas de la especie en los gametos masculino y femenino ( $n$ ), de manera que al fusionarse éstos (fecundación) y efectuarse una recombinación genética se origina el cigoto, célula diploide ( $2n$ ). Las divisiones celulares mitóticas subsecuentes permiten el desarrollo del embrión (Solares, 1984).

La propagación sexual de plantas conduce inherentemente a una gran variabilidad debido a la recombinación genética y a la influencia ambiental, por lo que, salvo algunas excepciones es aplicable en especies frutícolas, por ejemplo, en casos de esterilidad donde la fecundación cruzada es frecuente e imprescindible. Cabe mencionar que mientras se realiza la meiosis pueden ocurrir, aunque no muy frecuentes, alteraciones cromosómicas que durante la fusión y la recombinación de los gametos originan variaciones considerables en el cigoto (Solares, 1984).

En general las especies frutales perennifolias tienen la capacidad de germinar inmediatamente después de que se desprenden del fruto sin requerir de un período de reposo, letargo o desecación parcial, decreciendo dicha capacidad al transcurrir el tiempo (de uno a dos

meses), es decir, conforme se deshidrata la semilla (Calderón, 1977).

En el caso de las especies caducifolias como el capulín (Prunus capuli Cav.) al desprenderse la semilla del fruto recién cosechado se encuentra en un período de reposo y parece ser debido a la presencia de inhibidores en el embrión y/o a la presencia de un endocarpio muy duro e impermeable al agua y a los gases; estos factores pueden ser eliminados mediante la estratificación y la escarificación respectivamente (Calderón, 1977).

### 2.2.2 Propagación asexual.

La reproducción asexual se efectúa a partir de un segmento de la planta que a través de divisiones mitóticas genera un nuevo organismo, ya que cada célula de la planta es diploide, por ello no se trata de una reproducción sino más bien de una multiplicación donde los nuevos organismos serán genéticamente idénticos al que los produjo. Al conjunto de individuos propagados asexualmente se les denomina clon y sólo se presentan cambios en el genotipo si ocurre una mutación de yema natural o provocada. Debe señalarse que si esta mutación es favorable o de interés, podría obtenerse a partir de este individuo un clon con dicha característica por multiplicación asexual ya que no involucra meiosis (De la Loma, 1979).

Un clon puede ser considerado como una variedad mientras sea propagado asexualmente ya que conserva caracteres fijos de generación en generación aún cuando sea heterocigótica (De la Loma, 1979).

Para la producción de especies frutícolas es fundamental la práctica de multiplicación asexual, ya que se trata de especies altamente heterocigóticas. Algunas ventajas son las siguientes (Calderón, 1977):

- Obtención de clones (grupos de individuos genéticamente idénticos).
- Conservación indefinida de un clon si se continúa propagando asexualmente.
- Selección de genotipos específicos de diferente grado de heterocigosis como cultivares y su propagación consiguiente resultando una uniformidad fenotípica y estandarizando la producción.
- En algunas especies es más fácil, rápido y económico que la reproducción sexual.
- Ciertas plantas presentan precocidad para entrar en la fase reproductiva.
- Es indispensable en la multiplicación de cultivares que no producen semillas viables (como algunas bananas, vides, naranjos, etc.).

Simultáneamente a los beneficios se observan algunos riesgos dado que todas las plantas de un clon son genéticamente idénticas:

- Susceptibilidad uniforme a enfermedades, condiciones adversas, etc.
- Pérdidas de variación genética ya que se reduce el número de genotipos manejados al homogeneizar la población.
- Aumenta la probabilidad de multiplicar alguna mutación indeseable si no se detecta a tiempo.

La propagación asexual de las plantas puede realizarse por los siguientes métodos: propagación por embriones apomícticos, por estolones, por hijuelos, acodo, separación, división, por estacas, injerto, injerto de yema y la micropropagación (cultivo de tejidos) - (Hartmann y Kester, 1975).

La selección del sistema para propagar una especie dependerá del análisis y confrontación entre las ventajas y desventajas que ofrecen los distintos procedimientos.

### 2.2.3 Propagación por estacas.

Se denomina estaca a cualquier parte de la planta obtenida a partir de las ramas, raíces y hojas, que colocadas en las condiciones ambientales óptimas propician el enraizamiento y la brotación de la parte aérea desarrollando una planta independiente (Arias, 1984). Este material vegetativo presenta diferentes características según el tamaño, edad y procedencia del árbol, por el origen y procedencia en la planta madre, por su contenido de hojas, etc., y una clasificación es la siguiente (Hartmann y Kester, 1975):

- 1). Estacas de raíz (frambuesa roja, rábano picante).
- 2). Estacas de tallo (comúnmente usadas en la fruticultura).
  - a) De madera dura: estacas tomadas de especies de hoja caduca durante la temporada de letargo y de especies siempre verdes de hoja angosta (higuera, vid, uva crepa, membrillero, rosal).

- b) De madera semidura: (limonero, olivo, camelia, acebo).
  - c) De madera suave: son las que se toman durante la temporada de crecimiento mientras las plantas son suculentas o cuya madera ha madurado sólo parcialmente (lila, forsitis, weigela).
  - d) Herbáceos: las que se toman de plantas herbáceas (geranio, coleus, crisantemo).
- 3). Estacas de hoja (Begonia rex, Bryophyllum, Sansevieria, violeta africana).
- 4). Estacas de hoja con yema: (zarzamora, hortensia).

Las ventajas de la propagación por estacado son:

- a) Obtención de homogeneidad y gran número de árboles a partir de una sola planta madre.
- b) Poco costoso, rápido y simple.
- c) Conservación de las características clonales.
- d) Reducción del período de juvenilidad, siendo la entrada en producción más precoz y obteniéndose generalmente plantas de un tamaño menor que el normal.
- e) Ausencia de problemas de incompatibilidad entre dos partes vegetativas (como ocurre en el injerto).

La principal desventaja es que las raíces emitidas no presentan un desarrollo tan grande en las capas profundas del suelo como el que ofrecen las plantas obtenidas de semilla y en consecuencia son menos resistentes a ciertas condiciones desfavorables. En algunas especies se ve reducido el porcentaje de prendimiento debido a diversos factores tanto internos como externos, de esta forma las especies se clasi-

fican de acuerdo a su comportamiento de enraizado en especies de fácil, mediano y difícil enraizamiento.

## 2.3 BASES ANATOMICAS Y FISIOLÓGICAS DE LA PROPAGACION POR ESTACAS DE TALLO (ENRAIZAMIENTO).

### 2.3.1 Bases anatómicas del enraizamiento.

Según Hartmann y Kester (1975) el proceso puede dividirse en tres etapas:

- 1) Desdiferenciación celular seguida por la iniciación de grupos de células meristemáticas llamadas iniciales de raíz.
- 2) Diferenciación de las iniciales de raíz en primordios de raíz reconocibles. Las iniciales de raíz están en continua división celular, que al alargarse y diferenciarse originan los primordios de raíz. Esta etapa es comúnmente llamada Inducción de Raíces (Weaver, 1976).
- 3) Crecimiento y emergencia de las nuevas raíces, incluyendo ruptura de tejidos del tallo y formación de conexiones vasculares con tejidos conductores de la estaca. Implica procesos que permiten la unión de células diferenciadas (primordios de raíz) para constituir tejidos, órganos y finalmente el organismo completo (morfogénesis). Dicha etapa es considerada en el enraizamiento como el desarrollo de las raíces (Weaver, 1976).

Los tipos de tejido donde se originan y localizan las iniciales de raíz varían de una especie a otra. En plantas herbáceas, en la mayoría de los casos, representa grupos de células parenquimáticas

vivas, de paredes delgadas, localizadas hacia afuera y entre los haces vasculares. En las especies leñosas perennes donde hay una o dos capas de xilema y floema secundario, se originan generalmente en el tejido de floema secundario joven aunque también pueden proceder del cambium, los radios vasculares o de la médula indicando que el origen y desarrollo se localiza cerca y hacia afuera del tejido vascular que conforma al cilindro central (Weaver, 1976).

En algunas especies las iniciales de raíz se forman durante el desarrollo del tallo y permanecen latentes hasta que se cortan las estacas y son colocadas en condiciones ambientales favorables, denominándoseles iniciales de raíz preformadas, por ejemplo las que se presentan en sauce (Salix) y alamo (Populus).

Arias (1984) cita que la ubicación del origen de las iniciales de raíz es generalmente la misma en especies con iniciales de raíz preformadas que en las de raíces no preformadas.

Hartmann y Kester (1975) señalan dos observaciones importantes:

- 1) Las especies con raíces preformadas enraizan con facilidad pero también algunas especies de fácil enraice no presentan estas estructuras.
- 2) En la experimentación de especies con raíces preformadas los tratamientos diferenciales sólo afectan el desarrollo de los primordios no así su iniciación.

Los mismos autores indican que ordinariamente, una vez que las estacas ya han sido preparadas y colocadas en un medio de enraice adecuado, se forma una masa irregular de células parenquimatosas con

diferentes grados de lignificación en la base de la estaca denominada callo, la que se origina a partir de células jóvenes en la región del cambium vascular, aunque también contribuyen a su formación células de la corteza y de la médula. La formación de iniciales de raíz y callo son procesos independientes, aunque con frecuencia ocurren simultáneamente, ya que parecen tener los mismos requerimientos internos y externos. Algunas veces se dice que el callo es precursor de las iniciales puesto que se forman a partir de él. Se ha observado que el pH del medio de enraice puede influir en el tamaño y tipo de callo que se forma y éste a su vez afectar la emergencia de las raíces de nueva formación.

Gómez et al. (1973) reporta que la presencia de anillos de esclerénquima en estacas de aguacate podría ser una causa de su dificultad para enraizar. En algunas especies las estructuras anatómicas pueden constituir una barrera mecánica en el enraizamiento, aunque no en todos los casos puede ser una causa primaria en la dificultad de enraizar.

### 2.3.2 Bases fisiológicas del enraizamiento (hormonas vegetales y fitorreguladores).

En adición al agua y minerales absorbidos del suelo y a los carbohidratos producidos fotosintéticamente, la planta requiere de otros compuestos orgánicos incluyendo a las fitohormonas, que son sustancias sintetizadas en pequeñas cantidades en una parte del organismo y

transportadas a otra parte del mismo, produciendo alguna respuesta fisiológica, funcionando como un "mensajero químico" y regulando así su desarrollo. Entre los grupos más importantes están la auxina, giberelinas, citocininas, ácido abscísico y etileno (Galston, 1980), los cuales forman parte del complejo hormonal regulador del desarrollo de las plantas.

En la agricultura se han encontrado usos múltiples de las fitohormonas y sus análogos sintéticos (fitorreguladores).

En relación a la inducción de raíces adventicias en estacas, la auxina es la que tiene mayor efecto sobre esta respuesta, aunque es indudable la influencia de otros materiales de ocurrencia natural.

#### 2.3.2.1 Auxina.

##### a) Metabolismo.

En relación a la síntesis de la auxina (anabolismo) se conocen dos vías alternativas a partir del precursor triptofano, las cuales difieren entre sí por el tipo y secuencia de las reacciones enzimáticas involucradas, pero en general, corresponden a transaminaciones, descarboxilaciones y deshidrogenaciones. Las enzimas involucradas son más activas y están presentes en mayor cantidad en tejidos de crecimiento como los meristemos, así como en tejidos jóvenes aún, sugiriendo que la síntesis se realiza en ellos (Bidwell, 1979).

El catabolismo de la auxina igualmente involucra dos vías metabólicas que difieren en cuanto a reversibilidad: una

vía implica la acción de la enzima AIA oxidasa, la cual depende para su actividad de iones Mn y aún de otros elementos menores (Salisbury, 1979) y además es irreversible. La otra, que es reversible, consiste en la combinación de la auxina, con otros compuestos orgánicos como glucosa, péptidos y compuestos fenólicos para formar los derivados llamados auxinas unidas (bound auxins), los cuales pueden considerarse como formas de reserva o productos detoxicos. Esta vía generalmente ocurre cuando los niveles de auxina son más elevados que el óptimo.

Actualmente es ya conocido que los efectos fisiológicos que promueve la auxina son dependientes estrictamente de un nivel específico u óptimo, de modo que mayores o menores concentraciones de la hormona en el tejido "blanco" provocan inhibición del efecto. La regulación del nivel óptimo de AIA en un tejido de la planta depende pues de su metabolismo. Por otra parte, cuando los niveles de auxina han aumentado notablemente aún cuando las vías normales para la regulación de su metabolismo estén funcionando, la hormona estimula la actividad enzimática de la ACC sintetasa, que es la enzima reguladora de la vía de síntesis del etileno a partir de la metionina (Galston, 1980).

#### b) Transporte.

La auxina que es sintetizada abundantemente en los meristemas apicales se transporta por el sistema de conducción floemático, implicando el gasto de energía metabólica mediante un movimiento polar basipétalo, es decir, desde el ápice hacia la base morfológicos (Salisbury, 1979).

Las razones del transporte polar pueden estar relacionadas con gradientes iónicos o eléctricos y a la permeabilidad diferencial de la auxina en la forma iónica o como ácido

libre (Bidwell, 1979).

Galston et al (1980) mencionan que el transporte polar basipétalo de la auxina se debe posiblemente a que esta hormona puede encontrarse, ya sea como especie sin disociar (sin carga) o disociada (ionizada o con carga) en función del pH del medio, puesto que es un ácido orgánico (AIA).

Al parecer el pH del medio extracelular permite que la auxina predomine en su especie sin disociar, lo cual facilita su difusión a la célula a través de la membrana, pero el ambiente intercelular favorece la predominancia de la especie disociada de tal forma que por su naturaleza iónica necesita de un transportador membranar de naturaleza proteica para salir de la célula y pasar a otra durante su transporte. Se argumenta que dicho transportador membranar se localiza en la base de cada célula, explicando así el movimiento específico basipétalo de dicha hormona.

c) Mecanismo molecular de acción.

Al llegar la auxina a la "célula blanco" el efecto más notable que provoca es el alargamiento celular (Grajales, 1985). Inicialmente el alargamiento celular es gobernado por dos factores: 1. La extensibilidad (extensión) de la pared celular, la cual se hace manifiesta mediante dos componentes que son la plasticidad (irreversible) y la elasticidad (reversible) y, 2. la turgencia ( $p$ ) del contenido celular sobre la pared. Posteriormente, el alargamiento implica la inclusión de nuevos polisacáridos estructurales a la pared existente mediante la formación de nuevos enlaces entrecruzados. En consecuencia, el alargamiento celular involucra dos fases fundamentales; la fase inicial o temprana, relacionada con los efectos sobre la pared celular y la fase final o tardía referente a la inducción del genoma para la

síntesis de nuevos polisacáridos (Grajales, 1985).

Para explicar el efecto que tiene la auxina en el alargamiento celular han sido propuestas dos teorías:

1. La teoría de la bomba de protones ( $H^+$ ), que explica la acción de la auxina en la fase temprana del alargamiento celular. Al difundir la auxina a la "célula blanco" altera la permeabilidad de la membrana provocando la activación de la bomba de protones y consecuentemente la salida de éstos a la matriz de la pared celular acidificando el medio y propiciando el ambiente óptimo para la activación de las enzimas localizadas en la matriz de dicha pared. Estas enzimas aceleran las reacciones que conducen al rompimiento de los enlaces entrecruzados (crosslink) y ello conduce a un "aflojamiento de la pared" y a una disminución del  $p$  en la célula, lo que conlleva a la entrada de agua y expansión de la pared y de la célula (Grajales, 1985).

2. La teoría de la regulación transcripcional del genoma que explica la acción de la auxina en la fase tardía del alargamiento celular. Una vez que la auxina ha difundido a la "célula blanco", al parecer libera un factor de la membrana (hipotético), el cual llega hasta el núcleo y de cierta forma modifica la actividad de la ARN polimerasa para inducir la expresión de aquellos genes que codifican para las enzimas participantes en las vías de síntesis de nuevos polisacáridos estructurales de la pared celular (Moore, 1979).

En virtud de que no ha sido demostrada la liberación del factor membranal por la acción de la auxina y considerando que por su naturaleza química así como por el pH del medio la auxina puede atravesar completamente la membrana, es posible sugerir en esta última teoría, que la auxina misma sea directamente responsable de la inducción del genoma.

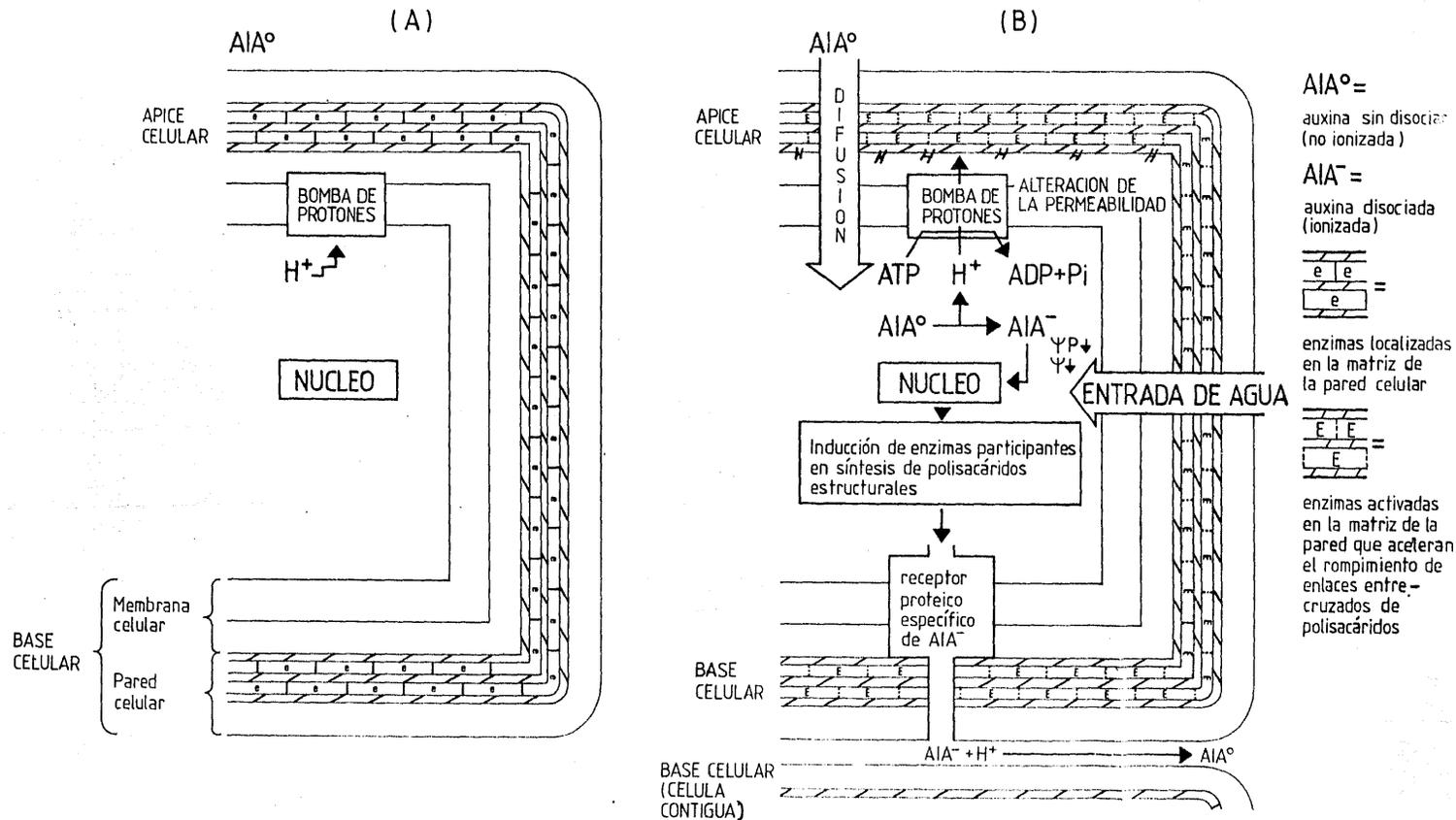
Además los resultados experimentales han demostrado la participación de la auxina en las fases temprana y tardía del alargamiento celular, por lo que es justificable la conjunción de las dos teorías mencionadas así como el mecanismo de transporte en la forma que se esquematiza en la figura Nº. 1.

d) Efectos fisiológicos.

El efecto del AIA a nivel celular correspondiente al alargamiento celular es el responsable de los efectos fisiológicos observados en las plantas a saber: Promoción de la dominancia apical, estimulación de la actividad cambial, formación de tejido calloso, iniciación de raíces, estimulación del crecimiento de frutos, desarrollo de frutos partenocárpico, fototropismo y geotropismo.

Otros efectos fisiológicos observados tales como la abscisión de hojas y frutos, y la inhibición del desarrollo de brotes laterales son consecuencia directa de la acción del etileno, cuya síntesis, como ya fué mencionado, es estimulado por altas concentraciones de auxina.

FIGURA No.1 Mecanismo molecular de acción generalizado que explica los efectos fisiológicos producidos por la auxina. Se propone de acuerdo a la conjunción de las dos teorías sobre el mecanismo de acción de dicha fitohormona.  
 (A) "Célula blanco" antes de la difusión de AIA (no ionizado) y, (B) "Celula blanco" durante la difusión de AIA (ionizado).



### 2.3.2.2 Citocininas.

Estas hormonas participan en el crecimiento y diferenciación celular y conjuntamente con las auxinas promueven la inducción de raíces adventicias. Hartmann y Kester (1975) mencionan que por lo general la aplicación de citocininas sintéticas no estimula ni inhibe la respuesta, aunque se ha observado que con aplicación en bajas concentraciones a estacas decapitadas de chícharo se promueve la respuesta sucediendo lo contrario al aumentar la concentración. Al aplicarlas en un período posterior a la iniciación no se presenta la inhibición, por lo que las citocininas relacionadas con las auxinas en la diferenciación de órganos, ya que se ha comprobado además su participación en forma notable en la brotación de yemas.

Finalmente mencionan que la relación auxinas/citocininas es de primordial importancia en la respuesta observada, ya que cuando ésta es elevada, indicando mayor concentración de auxina que de citocinina, se favorece la iniciación de raíces, mientras que si la relación es baja (menor que 1), se favorece la brotación de yemas.

### 2.3.2.3 Giberelinas.

Hartmann y Kester (1975) mencionan que la función de las giberelinas es la regulación de la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, lo cual influye directamente interfiriendo la información que ha sido iniciada por la acción de las auxinas, es decir, la aplicación de

giberelinas bloquea la actividad de la auxina. Existen pruebas de que este bloqueo se debe al efecto local directo que impide la división temprana de las células que intervienen en la capacidad de retornar a la condición meristemática, ya que cuando se interfiere la acción de la giberelina con compuestos tales como Alar (SADH), ABA, gonadotropinas, etc., se estimula el efecto del enraizamiento.

Moi et al (1983) trabajaron con estacas de hoja de frijol (Phaseolus vulgaris) y observaron que el enraizamiento se activó agudamente al aplicar AIA sólo (sin pasta de lanolina) y que al aplicar giberelinas la respuesta se inhibió completamente. Posteriormente aplicaron leucina radioactiva mezclada en la base de la estaca inmersa en la solución de AIA o de  $GA_3$  y encontraron que en el caso de las estacas tratadas con AIA, la leucina radioactiva se acumulaba en la base de la estaca, mientras que en las estacas tratadas con  $GA_3$  se acumuló en el ápice de la hoja.

#### 2.3.2.4 Etileno.

Hartmann y Kester (1975) indica que la relación entre auxinas y etileno en la formación de raíces es compleja, ya que los resultados experimentales difieren mucho entre sí. Por ejemplo: Milluns (1972) en estudios con frijol mungo concluyó que el etileno inhibe la formación de raíces en estacas a excepción de estacas con iniciales de raíz (preformadas), mientras que Krishnamoorthy (1970) encontró que las aplicaciones de etileno estimulan la iniciación de raíces.

### 2.3.2.5 Otros materiales de ocurrencia natural.

Trabajando con diversos extractos de las plantas se ha encontrado que muchos compuestos (algunos ya identificados) afectan la inducción de raíces y que es posible que sean los mismos cofactores del enraizamiento, Hartmann y Kester (1975) citan algunos ejemplos: la heliangina (identificada como una lactona sesquiterpénica) aislada de hojas de Helianthus tuberosus, que promueve la formación de raíces en estacas de Phaseolus y Azuki; el portual (identificada como un diterpeno bicíclico) aislado en hojas de Portulaca grandiflora, que promueve enraizamiento en Azuki, Vigna y Phaseolus.

Richer-Leclerc et al (1984) trabajaron con estacas terminales de Juniperus sabina y Thuja occidentalis alargando las horas luz (hasta siete horas) y lograron enraizamiento cuando las trataron con extractos de ramitas de sauce y álamo especialmente cuando se aplicaron en conjunción con AIB.

### 2.3.2.6 Cofactores de enraizamiento.

Los cofactores del enraizamiento son compuestos orgánicos producidos en las hojas que se cree son esenciales para el enraizamiento y que no están presentes en todas las especies (lo que se manifiesta que en algunas el enraice sea fácil y en otras difícil). Combinadas con auxinas forman un complejo dirigido al ARN para activar enzimas responsables de dar inicio a las reacciones conducentes a la formación

de las raíces. La composición de estos compuestos no es clara, aunque últimamente se menciona que es muy probable que se trate de compuestos fenólicos presentes en yemas y hojas, por lo que estos órganos ejercen una fuerte influencia estimulando la iniciación de raíces además de la aportación de auxinas sintetizadas en yemas y de carbohidratos producidos en las hojas (Hartmann et al., 1981).

Hartmann y Kester (1975) reportan algunas consideraciones de Bouillenne y Bouillenne-Warland en 1955, donde señalan que se forma un complejo de tres componentes:

- 1) Un factor específico translocado de las hojas identificado químicamente como un orto-dihidroxifenol.
- 2) Un factor no específico (auxina) que es translocado y que se encuentra en concentraciones biológicamente bajas.
- 3) Una enzima específica localizada en las células del periciclo, y cambium que probablemente se trate del tipo polifenol-oxidasa.

Bhattacharjee y Balakrishna (1983) trabajaron con estacas de tallo de bugambilia del cultivar Usha durante tres años considerando las siguientes variables: (1) estacas sin hojas, con 2, 4 o 6 hojas, (2) estacas basales, medias, apicales, o (3) estacas de 10, 15 o 20 tratadas con AIB a 400 ppm o (4) algunas de 15-20 cm., de longitud con 3-5 hojas que fueron tratadas con AIA, ANA o AIB, cada una de 2000-6000 ppm. En las estacas del tratamiento (1) las que tuvieron 4 hojas mostraron un 100% de sobrevivencia y enraizamiento,

las del tratamiento (2) apicales dieron también el 100% de sobrevivencia y enraizamiento. Las estacas del tratamiento (3) de 15 cm se obtuvo 100% de sobrevivencia y enraizamiento, para el tratamiento (4) se obtuvo el 80% de enraizamiento y 100% de sobrevivencia con ANA 4000 ppm o AIB 4000 y 6000 ppm. En un tratamiento sobre el efecto del enraizamiento medio, con todas las estacas tratadas con AIB en 4000 ppm el enraizamiento en suelo rojo, arena o vermiculita fué del 40, 100 y 73.3% respectivamente.

Kanade y David (1985) observaron los efectos de benzoquinona, naftoquinona y antraquinona en el crecimiento de callo de tomate y enraizamiento de (mung bean) estacas de haba. Al finalizar el experimento observaron que las quinonas incrementaron el crecimiento de callo, el número de raíces inducidas en las estacas de haba y el crecimiento del tomate: los incrementos significativos fueron obtenidos con naftoquinona  $10^{-5}$  M. La naftoquinona causó el decremento de las actividades de la AIA oxidasa de la ácido ascórbico-oxidasa y de la polifenol oxidasa, y dirigió la desaparición de una de las isoenzimas de la peroxidasa en todos los sistemas.

Capellini (1976) reporta que el catecol es uno de los cofactores del enraizamiento y que lo mejora cuando se utiliza alguna sustancia auxínica como el AIB.

Hartmann y Kester (1975) dividen a las plantas respecto a la relación de los componentes estimuladores del enraizamiento de la siguiente manera:

- 1) Especies que contienen endógenamente todos los compuestos necesarios para dar inicio a la formación de raíces (especies de fácil enraizamiento).
- 2) Especies donde las cantidades de cofactores adecuadas para iniciar el desarrollo están presentes a excepción de la auxina.
- 3) Especies donde no hay actividad de uno o más cofactores aunque la auxina no sea limitante necesariamente.

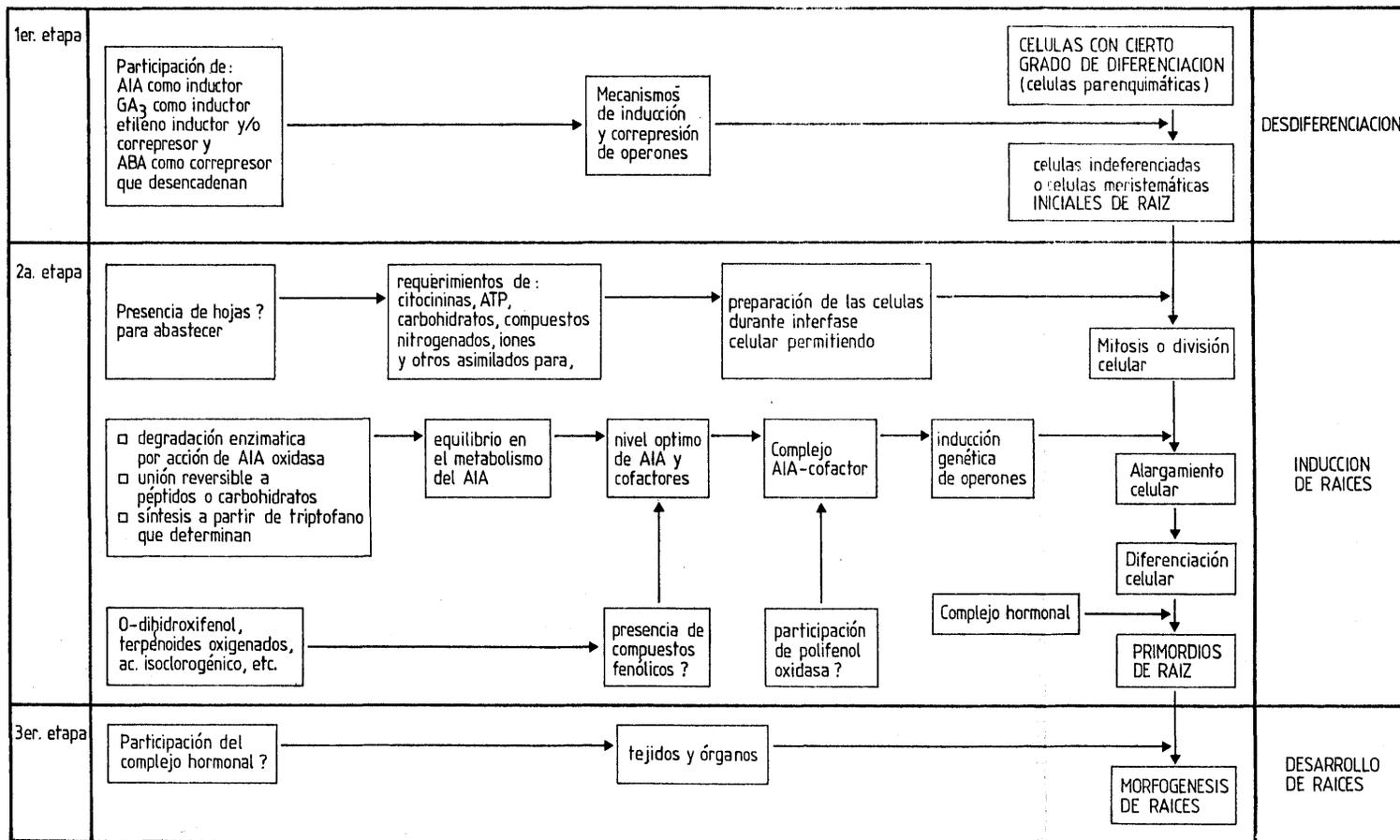
Mencionan que Haising postula la falta de iniciación de raíces en respuesta a la auxina aplicada debido a:

- 1) Carencia de las enzimas necesarias para sintetizar los conjugados de auxina-fenol inductores de raíces (polifenol oxidases ?).
- 2) Falta de activadores de enzimas (hormonas ?).
- 3) Presencia de inhibidores de enzimas.
- 4) Carencia de sustratos fenólicos.
- 5) Separación física de las enzimas reaccionantes debido a compartimentalización celular.

Considerando las evidencias que se mencionan acerca del enraizamiento, es posible hacer un resumen, tal como se esquematiza a continuación:

CUADRO No.4 Factores que intervienen en las diferentes etapas del enraizamiento ( Conclusión derivada de las evidencias reportadas en la literatura ).

ENRAIZAMIENTO



## 2.4 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE TALLO.

Comúnmente se considera que la mayor habilidad de las estacas para enraizar está asociada con juvenilidad (Robbins, 1957).

Los factores externos o internos pueden ejercer una influencia reguladora sobre el crecimiento y la diferenciación dentro de las reacciones determinadas por el material genético.

### 2.4.1 Selección del material.

#### 2.4.1.1 Condición fisiológica de la planta madre.

Se ha confirmado que la nutrición nitrogenada de la planta madre tiene un efecto mayor en la respuesta de enraizamiento; que la nutrición de fósforo y potasio, obteniéndose mayores porcentajes de enraice con niveles bajos o medianos de nitrógeno que con niveles elevados. El nitrógeno es necesario para la síntesis de ácidos nucleicos y de proteínas y hay un nivel de nitrógeno disponible, debajo del cual se obstaculizaría la formación de raíces (Hartmann y Kester, 1975).

Estudios controlados bajo condiciones asépticas han demostrado que azúcares, nitrógeno, calcio y otros nutrientes minerales, deben estar presentes en las estacas para la emisión de raíces adventicias. Generalmente las estacas más disponibles para enraizar son aquellas obtenidas de poblaciones crecidas bajo pleno sol conteniendo una can-

tividad abundante de carbohidratos en sus tejidos (Hartmann, et al, 1981).

Gardner y Hatcher (1962) señalaron que las plantas madres deberían mostrar un crecimiento vegetativo activo y que no hubiesen entrado en floración para que tenga la más alta capacidad regenerativa.

Para la obtención de las estacas, en la planta madre debe existir un equilibrio en el contenido bajo de nitrógeno y elevado de carbohidratos.

Hartmann y Kester (1975) indican que este equilibrio se procuraría con las siguientes medidas: reduciendo la fertilización nitrogenada a las plantas madres ya que reduce el crecimiento de ramas y favorece la acumulación de carbohidratos y seleccionar partes basales de las ramas por su alto contenido de carbohidratos.

#### 2.4.1.2 Edad de la planta madre.

En algunas especies como manzano, peral y cerezo, Gardner (1929) reportó que la capacidad de enraizamiento disminuye con el aumento de la edad de las plantas provenientes de semilla.

Wolstenholme et al (1979) trabajando con muchas especies, han demostrado que la habilidad para formar raíces en estacas, disminuye con el aumento de la edad (desde la germinación de la semilla). No obstante, la porción más baja de una planta proveniente de semilla (la más próxima al sistema radicular), permanece juvenil, y los "brotes hidratados" y "chupones" que aparecen de ésta área retienen la

capacidad para iniciar raíces, de otro modo se dificulta el enraizamiento de plantas.

Hartmann y Kester (1975) señalan que en especies de difícil enraizamiento, la edad de la planta madre puede ser un factor determinante para la obtención de un buen enraizamiento. Mencionan que puede ser debido a la presencia de algún inhibidor del enraizamiento conforme aumenta la edad o quizás a la disminución del contenido de fenoles (que han sido propuestos como cofactores de la auxina o como sinergistas de la misma en la iniciación de raíces).

#### 2.4.1.3 Tipo de madera de la estaca.

No es posible definir un tipo de material que sea el mejor para todas las especies, aunque deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones en especies afines (Hartmann y Kester, 1975):

- i) Diferencias entre plantas individuales procedentes de semillas. Al enraizar estacas de plantas individuales de una especie que comúnmente se propaga por semilla, pueden obtenerse amplias variaciones entre los individuos respecto a la facilidad con que enraizan.
- ii) Diferencias entre ramas laterales y ramas terminales. En experimentos realizados con ciruelo, rododendro, pino blanco y pinabete de Noruega, se comparó el enraice entre estacas de ramas laterales y terminales, encontrando que las laterales tenían una superioridad marcada para enraizar.
- iii) Diferencias entre las diversas partes de la rama. La composición química de las ramas es diferente de la base a la

punta y comúnmente, las estacas tomadas de diferentes partes de la rama en ocasiones se obtienen variaciones en la producción de raíces y en muchos casos es mayor el porcentaje en estacas basales.

Loreti y Hartmann (1964) en estacas de tallo de olivo de un año, observaron que las porciones basales enraizaron con mayor facilidad que las apicales.

Porlingis et al (1976) obtuvieron también el olivo, como en muchas otras plantas, que la alta capacidad de enraizamiento que es asociada con juvenilidad, se localiza en los renuevos de la base del árbol, y disminuye gradualmente conforme aumenta la distancia del suelo al renuevo.

Yin y Liú (1938) observaron en estacas de tung mayor efecto en porciones basales que en porciones medias o terminales.

Hartmann y Brooks (1958) con estacas de madera suave de cerezos (Prunus cerasus, P. avium y P. mahaleb) con crecimiento nuevo succulento y enraizadas bajo niebla obtuvieron mayor respuesta de enraice en porciones apicales.

Sadowska (1977) observó en estacas del patrón de manzano MM109 que las estacas apicales fueron más aptas para enraizar que las basales.

Garrido y Villegas (1978) en trabajos diferentes encontraron que las mejores estacas de manzano MM106 fueron las tomadas de la parte basal obteniendo mayor longitud y mayor número de raíces emitidas.

El mejor enraizamiento de la parte basal puede explicarse por

la translocación vía floema de carbohidratos y sustancias promotoras de raíces que provienen de hojas y yemas: aunque en las especies caducifolias se presenta una situación fisiológica completamente diferente ya que en ellas no se presentan iniciales preformadas de raíz ni acumulación de carbohidratos y el mejor enraizamiento se obtiene en la porción apical pues allí se encuentra la mayor concentración de algunas sustancias promotoras de enraice y además presentan menor diferenciación los tejidos, es decir, mayor número de células capaces de volverse maristemáticas. En las especies leñosas ornamentales de enraice fácil es indistinta la respuesta de cualquier porción utilizada (Hartmann y Kester, 1975).

Valdez (1984) observó en estacas de Ginkgo biloba L., que no es necesaria la elección de una porción específica de la estaca en la rama (basal, media o apical) ya que se logró enraizamiento sin que dicho factor influya, a partir del primer mes de tratamiento.

iv) Madera floral o vegetativa. En especies de fácil enraice no hay gran diferencia en el tipo de madera a utilizar, pero en especies de difícil enraizamiento puede ser un factor de gran importancia. Al parecer existe un antagonismo entre la regeneración vegetativa y la floración, el fundamento puede ser que los niveles elevados de auxinas favorecen la formación de raíces adventicias y tienden a inhibir la iniciación de las flores.

En muchas especies se ha observado una mayor respuesta de enraice cuando se les toma antes o después de la floración, más que durante

ella (Dore, 1953).

Un ejemplo es el Arándano azul (Vaccinium atrococcum) con estacas de madera con yemas florales no enraizan tan bien como aquellas obtenidas con yemas foliares (O'Rourke, 1940).

La remoción de las yemas florales antes de colocarlas a enraizar no aumentó el porcentaje de enraice, por lo tanto, no es la presencia de yemas florales la responsable, sino una condición fisiológica o anatómica previa relacionada con la presencia de yemas florales (Hartmann y Kester, 1975).

En fruticultura es común el uso de estacas provenientes de ramas en crecimiento, suculentas en plena actividad fisiológica con brotes verdes y hojas (contienen de 3 a 4 yemas y hojas) este tipo de estacado se utiliza tanto en especies caducifolias como perennifolias de difícil enraizamiento.

La presencia de hojas ejerce una fuerte influencia estimuladora en la iniciación de raíces debido a que son productoras de auxinas, carbohidratos y otros asimilados. Estudios del efecto del número de hojas en el enraizamiento de estacas juveniles y adultas de olivo, establecen que dos hojas por estaca juvenil y 4 por estaca adulta son suficientes para obtener un alto porcentaje de enraizamiento.

Rosati y Faedi (1977) trabajando con estacas de zarzamora var. Thornfree, obtuvieron un enraizamiento máximo (95.3%) en estacas con 5 yemas y un bajo porcentaje (14.5%) en las que sólo tenían una yema.

Porlingis y Therios (1976) reportaron que el porcentaje de enrai-

zamiento, número de raíces y peso fresco de raíces por estaca enraizada es más alto en estacas juveniles que en estacas adultas con el mismo número de hojas. Evidencias adicionales muestran que el número de raíces por estaca enraizada aumenta con el incremento en el número de hojas, pero el aumento correspondiente es mucho más pequeño en estacas adultas que en juveniles: la interacción entre la fase de crecimiento y número de hojas es significativa. Los cambios de peso fresco de raíces en relación al número de hojas por estaca, siguen un patrón similar.

#### 2.4.1.4 Sanidad.

Las estacas deben ser obtenidas de plantas sanas, resistentes a las enfermedades rústicas, vigorosas, en pleno desarrollo y en plena producción, es decir, que se encuentran en el período ascendente de su existencia: si son árboles enfermos, viejos o demasiado jóvenes, darían origen a plantas poco vigorosas y de corta longevidad (Pidi, 1981).

La presencia de virus en las estacas reduce los porcentajes de enraizamiento, así como también el número de raíces emitidas.

#### 2.4.1.5 Epoca del año en que se toman las estacas.

La época del año puede en algunos casos determinar que una especie enraice: no es posible hacer estacas en cualquier época del año.

"La época de recolección de las estacas está relacionada con su contenido de carbohidratos y con el estado de sus yemas, referido al reposo" (Arias, 1984).

Hartmann y Kester (1975) menciona que en especies deciduas las estacas de madera dura se pueden obtener en la estación de reposo (desde poco antes de la caída de hojas en el otoño hasta el inicio del desarrollo de yemas en primavera) las estacas de madera semidura o suave con hojas pueden prepararse con madera succulenta o parcialmente madura en la estación de crecimiento. Cuando las estacas de madera dura de especies deciduas se toman y plantan al comienzo de la primavera, a veces se tiene un fracaso completo, ya que las yemas se abren con rapidez al llegar los días calientes; el área foliar de nuevo desarrollo comienza a transpirar y remueve la humedad de las estacas antes que haya tenido oportunidad de formar raíces y pronto mueren.

En especies de difícil enraizamiento a veces es necesario recurrir al uso de estacas de madera suave. Para cada planta deben hacerse pruebas empíricas respecto a la fecha óptima de recolección dependiendo de las condiciones fisiológicas de la planta madre.

Arias (1984) menciona que en algunos clones la disminución de la capacidad de enraizamiento a mediados de invierno puede sobreponerse aumentando el período de enraizamiento demostrando que es más lento el proceso que en primavera y es probable que la temperatura y la humedad ambiental influyan.

Hartmann y Hansen (1958) trabajando con madera dura de ciruelo "Mariana" obtuvieron un mayor enraizamiento cuando las estacas se colectaron a mediados de noviembre tratadas con AIB, luego almacenadas a 15°C en condiciones húmedas, posteriormente se almacenaron a 2°C hasta su plantación en primavera.

Arias (1984) señala la importancia del reposo de las yemas en varias especies, por ejemplo Guerreiro y Loreti (1971) en seis selecciones de durazno y seis híbridos de durazno X almendro obtuvieron mayor porcentaje de enraizamiento cuando las estacas leñosas se colectaron en la mitad de noviembre y mitad de diciembre, mientras que cuando tenían parcialmente satisfechos sus requerimientos de horas frío después del período de reposo a fines de enero, se obtuvo menor enraice.

Nicotra y Moser (1978) partieron de la premisa de que las estacas pueden emitir raíces adventicias después de haber satisfecho sus requerimientos de frío y obtuvieron en el enraizamiento de estacas de portainjertos de drupáceas los mejores resultados en estacas sometidas a refrigeración (10°C) continuamente (hasta 72 horas) que aquellas que se mantuvieron en refrigeración alterna, comprobando también la eficacia del almacenamiento en frío.

Hartmann y Brooks (1958) con estacas de madera dura de cerezos tomadas en invierno no enraizó ninguna, en tanto que aquellas de madera suave hechas en primavera dieron un resultado satisfactorio en la mayoría de los cultivares.

## 2.4.2 Condiciones ambientales.

### 2.4.2.1 Agua.

En estacas de tallo con hojas se presenta una reducción en el contenido de agua por la transpiración, en algunas ocasiones llega a un nivel tan bajo que puede provocar la muerte de la estaca antes de que formen raíces. En las estacas de tallo sin hojas también es importante considerar las pérdidas de agua.

Villegas (1978) reporta las investigaciones de Wilding, et al (1973) donde señalan que en manzano MM 26 el endurecimiento de raíces es influenciado por la temperatura del suelo y el nivel de hidratación de la raíz, destacando la importancia de una buena relación de humedad en el medio de propagación.

Existen sistemas de operación automática que atomizan el agua en forma de niebla manteniendo sobre las hojas una película de agua produciendo una alta humedad relativa alrededor de la hoja, reduce la temperatura del aire y de las hojas disminuyendo por consiguiente la tasa de transpiración y si la intensidad luminosa es alta, se incrementa la actividad fotosintética.

### 2.4.2.2 Temperatura.

Es muy importante el papel de la temperatura y el tiempo que se debe mantener ésta, dependiendo de la época de corte, no sólo para obtener un buen enraizamiento, sino también para un buen estableci-

miento de las estacas ya enraizadas (Garrido, 1978).

Es conveniente mantener en la base de la estaca temperaturas más elevadas que en las yemas, de lo contrario se estimula el desarrollo de éstas antes que el de las raíces (Hartmann y Kester, 1975).

Arias (1984) señala que el calentamiento basal en estacas leñosas es común a temperaturas de 20 a 25°C.

#### 2.4.2.3 Luz.

Ya es conocido que el tejido de tallo (parte basal de la estaca) en completa obscuridad favorece la iniciación de raíces adventicias. Esta práctica es comúnmente usada en especies de difícil enraizamiento. El mecanismo de la etiolación en la promoción del enraizamiento no es claro aunque estos efectos pueden ser debidos a la fotoinactivación de uno o más factores naturales del enraizamiento en el tejido del tallo (Hartmann, et al., 1981).

En cuanto a la parte aérea de la estaca en el enraizamiento, si presenta hojas, la luz es el principal estímulo para la realización de fotosíntesis y por lo tanto síntesis de carbohidratos y si se trata de estacas de madera dura, dependen de carbohidratos almacenados.

Hay algunas pruebas de que el fotoperíodo en que crece la planta madre puede ejercer influencia en el enraice de las estacas que se tomen de ellas, en algunas especies el fotoperíodo puede afectar tanto la iniciación de raíces como el desarrollo del tallo (Hartmann y Kester, 1975).

#### 2.4.2.4 Medio de enraizamiento.

El medio de enraice puede afectar el tipo de sistema radical que se origine de las estacas. Long (1933) encontró que las diferencias de los sistemas radicales eran ocasionadas por el contenido de humedad del sustrato de enraice.

Un medio de enraizamiento debe proporcionar porosidad para una buena aereación, una alta capacidad para retener agua y a la vez buen drenaje, debe estar libre de bacterias y hongos perjudiciales.

El pH puede ser un factor importante en la producción de raíces adventicias, en estudios con Thuja orientalis enraizadas con perlita a diferentes pHs, se presentó un mayor enraice con pH de 7. En general altos niveles de alcalinidad no inhiben en forma significativa el enraizamiento, mientras que la acidez si reduce el porcentaje.

Martínez (1985) trabajando con diferentes especies vegetales utilizó soluciones de AIB en concentración óptima para cada una de ellas variando únicamente el pH y observó que influyó el pH del suelo donde provenía la planta madre, es decir, que el pH del medio de enraice más adecuado fué similar al pH del suelo donde se colectaron las estacas.

Otro factor importante es la oxigenación del medio de enraice, aunque los requerimientos de oxígeno varían de una especie a otra.

Los sustratos o medios de enraizamiento pueden ser: arena, turba, mezcla de ambas, perlita, vermiculita, etc., no se puede recomendar uno específico, sino más bien sugerir la prueba de los materiales

reportados o la sustitución por otros más comunes en la región donde se va a realizar la propagación (Arias, 1984).

#### 2.4.3 Fitorreguladores auxínicos.

Además de las auxinas de origen natural (fitohormona), han sido sintetizadas una gran variedad de sustancias con acción fisiológica similar al AIA, los cuales se clasifican en cinco grupos: de los ácidos indólicos, naftalénicos, clorofenólicos, benzóicos y picolínicos. Algunos ácidos de los dos primeros grupos son utilizados comúnmente como enraizadores, mientras que de los tres últimos grupos se emplean como herbicidas selectivos.

Una de las principales diferencias entre la auxina natural y estos reguladores sintéticos es que éstos últimos son más estables debido a que pocos sistemas enzimáticos pueden actuar sobre ellos fácilmente, por lo que no son inactivados rápidamente dentro de los tejidos vegetales y algunos incluso son mucho más activos fisiológicamente que el AIA (Wain, 1979).

Las auxinas sintéticas como AIB y ANA usualmente son más efectivas que el AIA, aparentemente porque no son destruidas por la AIA oxidasa o alguna otra enzima, por lo cual persisten más tiempo en la planta. En algunas especies como el manzano no hay formación rápida de raíces adventicias con tratamientos de auxinas. Went sugiere que otras sustancias no identificadas pueden participar en esta respuesta, y se les denomina "rizocalinas" (Salisbury, 1979).

La auxina además de controlar la elongación celular, promueve la división en raíces y tallos, trabajando conjuntamente con las citoquininas en actividades inductoras de mitosis, y no solo participa en la iniciación de la actividad del cambium, sino también determina la naturaleza de las células diferenciadas de los productos cambiales. La acumulación de auxina en la base de la estaca es similar si se trabaja con auxinas endógenas o exógenas, y promueve la producción de callo, proliferación de cambium y xilema y la iniciación de raíces adventicias (Galston, 1980).

Neri y Tiwari (1984) en estacas de Pongamia pinnata probaron diferentes dosis de ANA, AIA y AIB, y encontraron que las altas concentraciones de AIB resultaron mejor para provocar un enraizamiento profuso y un buen desarrollo vegetativo.

Hartmann et al (1984) trabajando con estacas de madera suave de Prunus cerasus L. y Prunus domestica L., observaron que después del estacado e inmersión en AIB 2000 y 4000 p.p.m. aparecieron iniciales de raíz visibles después de 2 a 3 semanas, en el área del cambium el cual se dividió intensamente. Anteriormente se tenía conocimiento de que las iniciales provenían del tejido calloso para diferentes especies. La formación de la cofia de la raíz y la conexión vascular se completó en la emergencia de las raíces. Sólo en estacas de un clon (Schattenmorelle) la formación de callo fué evidente y prosiguió con la aparición de las iniciales de raíz a las 4 o 5 semanas después del estacado.

Ughreja y Chauhan (1983) estudiaron el efecto de AIB y/o ANA en 10000 y 20000 ppm aplicadas a la especie Ziziphus mauritiana Lam cv. Banarsi Pewandi inmediatamente a 10 días después del anillado y el mejor enraizamiento (97.65%) se obtuvo utilizando AIB a 15000 ppm. La aplicación de auxinas inmediatamente después del anillado repercutió en resultados muy bajos.

Bhattacharjee y Balakrishna (1983) trataron 25 cultivares de estacas de tallo de bugambilia de 15 cm de longitud y con cuatro hojas cadauna, con AIB o ANA en 4000 ppm, encontrando para los diferentes cultivares respuestas grandemente significativas en todos los tratamientos con respecto al control. Los cultivares Glabra Sanderiana, Golden Glow, Isobel Green Smith y Roosevella's Delight respondieron mejor a la aplicación de ANA, en tanto que el resto a la aplicación de AIB.

Daulta et al (1983) durante dos años encallaron estacas de cuatro cultivares de uva (Vitis vinifera L), en posición vertical, horizontal y posición invertida para provocar enraizamiento. En un año el enraizamiento fué del 78% en las estacas verticales, del 72% en posición invertida y del 64.4% en las horizontales. Al año siguiente los porcentajes fueron 81.1, 88.1 y 78.3 respectivamente.

Arias (1984) menciona que la capacidad para emitir raíces no puede ser determinada sino por ensayos experimentales previos.

Nicotra y Capellini (1972) trabajaron con 84 variedades de chabacano (especie considerada de difícil enraizamiento) por medio de

Ughreja y Chauhan (1983) estudiaron el efecto de AIB y/o ANA en 10000 y 20000 ppm aplicadas a la especie Ziziphus mauritiana Lam cv. Banarsi Pewandi inmediatamente a 10 días después del anillado y el mejor enraizamiento (97.65%) se obtuvo utilizando AIB a 15000 ppm. La aplicación de auxinas inmediatamente después del anillado repercutió en resultados muy bajos.

Bhattacharjee y Balakrishna (1983) trataron 25 cultivares de estacas de tallo de bugambilia de 15 cm de longitud y con cuatro hojas cadauna, con AIB o ANA en 4000 ppm, encontrando para los diferentes cultivares respuestas grandemente significativas en todos los tratamientos con respecto al control. Los cultivares Glabra Sanderiana, Golden Glow, Isobel Green Smith y Roosevella's Delight respondieron mejor a la aplicación de ANA, en tanto que el resto a la aplicación de AIB.

Daulta et al (1983) durante dos años encallaron estacas de cuatro cultivares de uva (Vitis vinifera L), en posición vertical, horizontal y posición invertida para provocar enraizamiento. En un año el enraizamiento fué del 78% en las estacas verticales, del 72% en posición invertida y del 64.4% en las horizontales. Al año siguiente los porcentajes fueron 81.1, 88.1 y 78.3 respectivamente.

Arias (1984) menciona que la capacidad para emitir raíces no puede ser determinada sino por ensayos experimentales previos.

Nicotra y Capellini (1972) trabajaron con 84 variedades de chabacano (especie considerada de difícil enraizamiento) por medio de

estacas leñosas y tratadas con AIB y cuatro incisiones corticales de 3 cm. Solamente 22 variedades mostraron respuesta (desde 2 a 60%) siendo la variedad S. Castrese la de más alta respuesta.

Arias (1984) reporta de otros trabajos que en algunas especies en que se realizan incisiones en la base de la estaca u otro tipo de lesiones favorecen al enraizamiento, ya que además de romper las cortezas duras, se cortan anillos de esclerénquima en las especies que lo poseen ampliando la región de donde se originan las raíces. Además se acumulan fotoasimilados en mayor cantidad (hormonas, carbohidratos, etc.) en la parte superior de la herida y las estacas absorben mayor cantidad de agua y fitorreguladores aplicados.

### III. OBJETIVOS.

- 1) Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de Acido Indolacético y Acido Indolbutírico sobre la promoción de raíces adventicias en estacas de capulín.
- 2) Determinar si la obtención de estacas a principio de la primavera influye en el enraizamiento de estacas de capulín de madera suave y dura.
- 3) Establecer el efecto que tiene la presencia de hojas y yemas sobre el enraizamiento de estacas de esta especie.

#### IV. HIPOTESIS.

1. Se espera una diferencia entre los tratamientos con AIA y AIB, ya que este último es más estable en el tejido vegetal.
2. Si en estacas de especies caducifolias el corte de estacas de madera suave se recomienda desde el inicio de la primavera, entonces se espera respuesta positiva en comparación con las estacas de madera dura a menos que la época de obtención de estacas más apropiada sea durante la temporada de reposo.
3. Si la síntesis continua de compuestos orgánicos en las hojas y yemas es imprescindible en algunas especies, se espera que en las estacas de madera suave con hojas se presente la respuesta de enraizamiento.

## V. MATERIALES Y METODOS.

### 5.1 Localización.

El experimento se realizó en el laboratorio de Fisiología Vegetal (L-303) de la carrera de Ingeniero Agrícola de la FES-C, UNAM, Estado de México.

### 5.2 Descripción del material vegetativo.

Fueron utilizadas estacas de tallo de 15-20 cm. de longitud y 1.5 - 2.5 cm. de diámetro, de madera suave con hojas (4-6) y de madera dura sin hojas de árboles de capulín criollo localizados en San Lorenzo, Delegación de Milpa Alta, Distrito Federal.

### 5.3 Fecha de corte.

La fecha de corte del material fué el 18 de marzo de 1985, el mismo día se colocaron en los tratamientos respectivos.

### 5.4 Material.

- 2 tijeras de podar estériles
- franelas
- 64 bolsas de polietileno negro con capacidad de 4 l.
- 32 bolsas de polietileno transparente de 40 x 60 cm.

- tierra negra, de hoja y agrolita
- papel aluminio 1001 usos
- ligas de hule
- marcador esterbrook
- masking tape
- tijeras de disección
- vasos de pptados de 500 y 1000 ml
- matraces aforados de 250 ml.
- probeta
- agitadores
- matraces erlenmeyer 250 y 500 ml.
- espátula

#### 5.5 Reactivos.

Acido indolacético puro (J. T. Baker reactivo puro).

Acido indolbutírico puro (J. T. Baker reactivo puro).

Etanol puro.

Agua destilada.

HCl 1 N

KOH

Solución amortiguadora.

#### 5.6 Equipo.

- Potenciómetro.

- Balanza analítica.

## 5.7 Métodos.

### 5.7.1 Preparación de las soluciones para el enraizamiento.

Se prepararon 250 ml de una solución estandar de 5 000 ppm de AIA y otra de AIB y a partir de estas, se obtuvieron las soluciones diluidas de 1500 y 500 ppm aforando a 250 ml con 50% etanol y 50% con agua destilada; se ajustó a pH de 7.

### 5.7.2 Preparación del medio de enraizamiento.

Se preparó una mezcla con tierra de hoja, tierra negra y agrolita 3:2:1 y se llenaron las bolsas de polietileno negro (2/3 partes de la bolsa).

Cuando las estacas estaban preparadas se remojaron durante 5 segundos en las diferentes soluciones de AIA y AIB, plantándose inmediatamente en las bolsas de polietileno negro ya etiquetadas.

En el caso de los tratamientos de estacas con hojas, se cubrieron con bolsas transparentes de polietileno con la finalidad de conservar un ambiente homogéneo que evitara la pérdida excesiva de agua (por efecto de transpiración).

Se regaron a capacidad de campo 1 vez por semana, levantando la bolsa transparente en los tratamientos de estacas con hojas, durante

el primer mes se mezcló captan en el agua de riego.

### 5.7.3 Diseño experimental.

El diseño experimental empleado fué completamente al azar con arreglo factorial como se indica a continuación:

<u>Factor</u>	<u>Nivel</u>
A. Tipo de estaca	a.1. Estacas con hojas
	a.2. Estacas sin hojas
B. Compuesto auxínico	b.1. AIA
	b.2. AIB
C. Concentración	c.1. Testigo
	c.2. 500 ppm
	c.3. 1500 ppm
	c.4. 5000 ppm

tratamientos	combinaciones	Nº. aleatorio asignado
1	a <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	11
2	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	12
3	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>	13
4	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>4</sub>	14
5	a <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	15
6	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	16
7	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub>	17
8	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>4</sub>	18
9	a <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	19
10	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	20
11	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>	21

12	$a_2$	$b_1$	$c_4$	22
13	$a_2$		$c_1$	23
14	$a_2$	$b_2$	$c_2$	24
15	$a_2$	$b_2$	$c_3$	25
16	$a_2$	$b_2$	$c_4$	26

Unidad experimental: 1 bolsa con 5 estacas.

Repeticiones: 4 por cada tratamiento.

Total de estacas por cada tratamiento: 20.

La forma en que quedaron distribuidos los tratamientos en el laboratorio fué la siguiente:

	23	19	13	17	20	12	25	
Mesón	26	13	14	14	13	22	12	
1	11	17	14	20	17	25	15	
	25	21	16	23	26	24	20	
Mesón	26	11	25	14	23	19	24	
2	17	18	20	12	15	19	26	
	16	19	18	24	23	12	21	22
Mesón	15	22	13	18	15	24	16	
3	21	11	11	18	16	22	21	

#### 5.7.4 Toma de datos.

Inicialmente se proponía considerar los siguientes parámetros:

- Porcentaje de enraizamiento (número de estacas enraizadas).
- Vigor de enraizamiento (número de raíces emitidas por estaca).
- Velocidad de enraizamiento (tiempo que tardaran en emitir la raíz).

Como se expondrá a continuación en los Resultados, sólo se obtuvo como respuesta la formación de callo en diferente grado en la parte basal de algunas estacas, por consiguiente, las observaciones se limitarán a describir la condición de cada repetición.

Las observaciones se iniciaron a partir de la cuarta semana después de colocados los tratamientos; el número total de observaciones fué de nueve y se realizaron cada ocho días. Se consideró este manejo en las observaciones basándose en el trabajo de Valdez (1984) quien empleó la especie Ginkgo biloba y tomando en cuenta que no hay evidencias experimentales sobre la capacidad de enraizamiento en la propagación por estacas de capulín.

## VI. RESULTADOS.

### Primera observación (4ª. semana).

A partir de esta semana y hasta que se levantó el experimento, se eliminaron algunas estacas con hojas por la presencia de hongos.

En una repetición del tratamiento 5 (estacas con hojas, testigo), una de las estacas presentó una raíz bien desarrollada en la base, midiendo 2.6 cm.

Algunos brotes comenzaron a desarrollarse en los tratamientos 1, 2, 3, 5, 6 y 7 (todos estacas con hojas).

### Segunda observación (5ª. semana).

Presencia de callo en la base de las estacas de los tratamientos 1, 5, 6 y 7 (estacas con hojas).

Desarrollo de brotes en los tratamientos 1, 3, 5, 6, 7 y 8 (estacas con hojas).

### Tercera observación (6ª. semana).

Continúa desarrollándose tejido calloso en los tratamientos 1, 5 y 6: se aprecia que mientras mayor sea la formación de callo, el desarrollo de brotes es menor.

### Cuarta observación (7ª. semana).

Continúa el desarrollo de tejido calloso en los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

Quinta observación (8ª. semana).

A partir de esta semana no se observó un mayor desarrollo del callo, mientras que hubo mayor desarrollo de los brotes.

## VII. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

Como se aprecia en los Resultados, la formación de raíces adventicias no se presentó bajo las condiciones manejadas aunque es necesario considerar algunas respuestas de esta especie para estudios posteriores:

- 1) Sólo en las estacas con hojas hubo respuesta de formación de callo ante los diferentes tratamientos.
- 2) Al transcurrir un mes, en una sola estaca con hojas (testigo), se desarrolló una raíz (2.6 cm. de longitud).
- 3) En las estacas con hojas en los tratamientos testigo (1. y 5) y con AIB tratamientos 6 y 7 (dosis más bajas) se observó mayor desarrollo de tejido calloso.
- 4) Mientras más se desarrollaron los brotes, menor fué la formación de callo.
- 5) Después de dos meses, el tratamiento 5 (estacas con hojas, testigo) presentó una raicilla de 0.6 cm. de longitud.
- 6) La formación de callo disminuyó a medida que aumentó la concentración de AIB, mientras que con AIA no hubo respuesta.

En base a estos resultados, puede establecerse que la no promoción del enraizamiento obedeció a dos posibles causas generales, tal y como se esquematiza a continuación:

- |   |  |
|---|--|
| <p>1) <u>Manejo del experimento:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempo en que se realizó la primera observación.</li> <li>- Intervalo entre las observaciones.</li> </ul> | <p>2) <u>Selección del material:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Época de corte.</li> <li>- Presencia de yemas y hojas.</li> <li>- Edad de la planta madre</li> <li>- Posición de la estaca en la rama.</li> <li>- Tipo de madera.</li> </ul> |
|---|--|

1) Manejo del experimento.- Como se mencionó en Materiales y Métodos, el tiempo transcurrido para realizar la primera observación fué de cuatro semanas después de haber montado el experimento y es probable que al extraer la estaca para su observación se hayan interrumpido ciertos procesos que condujeran a la promoción de raíces, debido a un cambio en las condiciones de su microambiente. Asimismo, debe considerarse el daño mecánico ocasionado al tejido basal de la estaca.

Por otra parte, el intervalo entre las observaciones que se manejó (semanal) probablemente influyó en forma determinante, ya que la extracción de cada estaca del sustrato lleva consigo la interrupción del microambiente constante y óptimo de la base de la estaca al exponerlo a diferente calidad e intensidad de luz, temperatura, humedad, etc., sin descartar el daño mecánico.

2) Selección del material.- La época de corte de las estacas

de madera dura y suave para este experimento, se efectuó al inicio de la primavera, cuando el árbol se encontraba en plena fase de crecimiento vegetativo y tal vez en el caso de las estacas de madera dura (sin hojas), la no promoción de raíces pudo deberse entre otras cosas, a que sus reservas nutritivas almacenadas durante la época de reposo hayan disminuído notablemente o incluso se hayan agotado a causa de su translocación a otros sitios de demanda más prioritarios.

Cabe señalar que en esta época, aún cuando el material fué seleccionado de árboles silvestres en desarrollo vegetativo y que no mostraban botones florales, es posible que ya se hubiesen satisfecho sus requisitos de intensidad luminosa, temperatura, termoperíodo, fotoperíodo, etc., para inducir el estímulo floral puesto que en otros árboles ya eran visibles los botones florales. Esta situación, en caso de que se haya presentado, desencadena toda una serie de eventos morfogénico-metabólicos y entre ellos se incluye la translocación de fotosimilados vía floema desde la fuente (yema y hojas) hacia las zonas de demanda (botones florales).

La presencia de yemas y hojas en las estacas reviste gran importancia para el enraizamiento de algunas especies, considerando que en estos órganos se sintetizan fotoasimilados y fitohormonas que favorecen la respuesta. Estudios recientes refuerzan que el sinergismo entre auxinas y compuestos fenólicos (cofactores) puede ser determinante para inducir el desarrollo de raíces adventicias.

En cuanto a la edad de la planta madre, se ha señalado su efecto

probable sobre la disminución en el contenido de fenoles debido a la presencia de algún inhibidor del enraizamiento, sobre todo en especies como el capulín que son silvestres.

La posición de la estaca en la rama es importante, la literatura reporta que en especies caducifolias se observa mayor respuesta en la región apical por la capacidad de estas células de volverse meristemáticas, aunque en los resultados se observó que únicamente en una estaca se formó raíz y fué en estacas apicales con hojas.

Es importante enfatizar la respuesta observada en las estacas de madera suave (con hojas), esto es, hubo una gran formación de callo, pero esta disminuyó conforme aumentaron las concentraciones de AIB (no se observó este comportamiento en las estacas tratadas con AIA, posiblemente porque este fitorregulador es menos estable en el tejido).

Aún cuando la formación de las iniciales de raíz y callo son procesos independientes, se ha observado en otros estudios que al parecer tienen algunos requerimientos externos e internos similares, incluso considerando a la formación de callo como una respuesta de cicatrización de la herida (corte de la estaca).

Por otra parte, es bastante conocido que existe un rango óptimo de cada regulador para que pueda desencadenar alguna respuesta fisiológica y que fuera de este rango la respuesta se inhibe, por ejemplo, altas concentraciones de auxinas no sólo inhiben la formación de las iniciales de raíz, sino que el proceso de cicatrización (formación

de callo) no es posible como ocurrió en las concentraciones de 1500 y 5000 ppm de AIB.

Por otro lado, la formación de callo inhibió la emergencia de las raíces por efecto mecánico de obstrucción aún cuando en el testigo con hojas se tuvieran los requerimientos endógenos de auxina.

Por consiguiente se considera que si los procesos de formación de las iniciales de raíz y callo tienen ciertos requerimientos internos y externos similares, algún(os) de ellos deben ser cuantitativamente diferentes para poder influir en la formación de una u otra respuesta, por ejemplo requerimientos de horas frío en la estación de reposo, pH del sustrato, etc.

Asimismo, la formación de callo disminuyó en las estacas de madera suave a medida que se desarrollaban más los brotes. Este efecto puede deberse a la acción de la relación auxinas/citocininas, puesto que se sabe, trabajan conjuntamente en actividades inductoras de mitosis. Se mencionó anteriormente que cuando la relación auxina-citocinina es baja (menor a 1) se favorece la brotación de yemas. Además es necesario considerar que en las estacas con hojas, la síntesis de fotoasimilados continúa y conforme transcurrió el tiempo se translocaron a las nuevas zonas de demanda (brotes latentes) que al inicio de la primavera tienden a abrirse.

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Considerando los objetivos planteados en este experimento, aún cuando no se obtuvo la respuesta esperada, es posible concluir lo siguiente:

1) En cuanto al primer objetivo relacionado con la necesidad de aplicar AIA o AIB para promover el enraizamiento, parece ser que no es requerida dicha aplicación, ya que se observó una raíz en una estaca testigo y la formación de callo disminuyó conforme aumentó la dosis de AIB. No obstante, de ninguna manera esto es concluyente, puesto que la respuesta general del experimento no fué la esperada por razones de manejo y/o selección del material, según se explicó en la sección de Análisis y Discusión de Resultados.

2) La evaluación del efecto de diferentes concentraciones de AIA y AIB sobre la promoción de enraizamiento de estacas de capulín considerada en el objetivo número dos no fué posible hacerla por no presentarse el enraizamiento. Sin embargo, el AIB afectó el desarrollo de callo en las estacas, mientras que el AIA no desencadenó ninguna respuesta.

3) Al parecer no fué determinante la influencia de la época de obtención de las estacas a principios de primavera porque las estacas y yemas brotaron, es decir, cubrieron el requerimiento de horas frío.

Sin embargo, el hecho de que no se promovió el enraizamiento y que otros árboles de la misma región ya comenzaban a desarrollar botones florales, hace pensar que en las estacas de madera dura sí pudo haber influido la época de corte, ya que sus nutrientes almacenados pudieron haberse translocado parcialmente a las zonas de más demanda.

4) Aún cuando no se pudo establecer el efecto de la presencia de hojas y yemas en las estacas para promover el enraizamiento, de acuerdo con el objetivo cuatro, si se pudo comprobar su efecto favorable en la formación de callo (división celular no organizada), puesto que sólo en las estacas con hojas se obtuvo dicho tejido calloso.

5) Considerando que la formación de las iniciales de raíz y callo tienen algunos requerimientos internos y externos similares, aún cuando sean procesos independientes, es posible pensar que la formación de callo obtenida sea tomada en cuenta como un "indicador" de las condiciones necesarias para promover la iniciación de raíces en esta especie y que algún(os) factor(es) interno(s) o externo(s) varíe(n) cuantitativamente para dar lugar a uno u otro proceso.

#### Recomendaciones.

1) Establecer un experimento con diferentes épocas de corte, incluyendo la utilizada en este trabajo, con estacas apicales y basales, usando AIB o algún enraizador comercial en diferentes concentraciones y realizando la primera observación después de dos meses

de haber montado el experimento, con intervalos de quince días entre las observaciones.

2) Una vez promovido el enraizamiento bajo ciertas condiciones determinadas en el experimento mencionado anteriormente, puede tratarse de mejorar el enraizamiento variando el pH, tipo y temperatura del sustrato, etc.

## BIBLIOGRAFIA.

1. Arias, J. E. 1984. Propagación de frutales caducifolios por medio de estacas. CONAFRUT. México. 25 págs.
2. Bidwell, R. G. S. 1979. Plant Physiology. Collier Macmillan International Editions 2 nd. Ed. 276 pp.
3. Bhattacharjee, S. K.; Balakrishna, M. B. 1983. Propagation of Bougainvillea from stem cuttings. I. Effect of growth regulators, rooting media, leaf number, length and woodiness of cuttings. Haryana Journal of Horticultural Sciences. India. 121/2, 7-12.
4. \_\_\_\_\_ 1983. Propagation of Bougainvillea from stem cuttings. II. Effect of growth regulators. Haryana Journal of Horticultural Sciences. India. 12, 1/2, 13-18.
5. Calderon, A. E. 1977. Fruticultura General. E.C.A. México. 211-228, 493-564.
6. Cappellini, P. 1976. Effetto rizogeno di alcune sostanze controllate con test biologico (mung bean). Annali Instituto Sperimentale per la Frutticoltura VII: 35-45.
7. CONAFRUT. 1968. Dispersión de las principales especies frutícolas en la República Mexicana. México.
8. CONAFRUT. 1985. Plan Nacional de Desarrollo Frutícola de CONAFRUT, México.
9. Daulta, B. S., Godara, N. R.; Chundawat, B. S. 1983. Propagational studies in grapes (Vitis vinifera L.)

- II. Effect of position of cuttings at the time of callusing on rooting. *Progressive Horticulture, India*. 15, 1/2, 83-85.
10. De la Loma, J. L. 1979. *Genética General y aplicada*. UTEHA. México. 419-441.
  11. Dore, J. 1953. Seasonal variation in the regeneration of root cuttings. *Nature*. 172:1189.
  12. Galston, A.; Davies, P.; Satter, R. 1980. *The life of the green plant*. 3rd. edition Prentice Hall. USA. 464 pp.
  13. Gardner, R. J.; Hatcher, E. S. 1957. Aspects of rootstock propagation. IV. The winter storage of hardwood cuttings. *AnnRpt. E. Malling ResSta for 1965*. 101-108.
  14. Garrido, E. 1978. Enraizamiento de estacas de manzano MM106 tratadas con ácido indolacético e indolbutírico en tres tipos de estacas a una temperatura de 21°C en la base. Tesis Profesional. ENA. México.
  15. Gómez, R. E., Soule, J. and Malo, S. E. 1973. Anatomical aspects of avocado stems with reference to rooting. *Proc. Trop. Reg. Amer. Soc. Hort. Sci.* 17: 23-28.
  16. Grajales, M. O. 1985. Comunicación personal.
  17. Guerriero, R.; Loreti, F. 1975. Relationships between bud dormancy and rooting ability in peach hardwood cuttings. *Acta Horticultural* 54: 51-58.
  18. Hartmann, H. T., Brooks, R. M. 1958. *Propagation of Stockton*

- Morello cherry rootstock by softwood cuttings under mist sprays. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71: 127-134.
19. Hartmann, H.; Flocker and Kofranek. 1981. Plant Science. Prentice Hall Ed. USA.
  20. Hartmann, H. T. and Hansen, C. J. 1958. Effect of season of collecting, indolebutyric and pre-planting storage treatments on rooting of Mariana plum, peach, and quince hardwood cuttings. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 71: 57-66.
  21. Hartmann, H. T. y Kester, D. E. 1975. Propagación de plantas. Principios y prácticas. 3ª. impresión. ed. CECOSA.
  22. Hernández, M.; Chávez, A. y Bourges, H. 1974. Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. Tablas de uso práctico. Inst. Nac. de la Nutrición. México.
  23. Liera. CONAFRUT. 1985. Comunicación personal.
  24. Long, J. C. 1933. The influence of rooting media on the character of roots produced by cuttings. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 29: 352-355.
  25. Loreti, F. and Hartmann, H. T. 1964. Propagation of olive trees by rooting leafy cuttings under mist. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 85: 257-264.
  26. Malpica, R. M. 1985. Propagación in vitro de capulín (Prunus serotina Cav.) a partir de yemas axilares. Tesis Maestría. C. P. Chapingo. México.
  27. Marini, R. P. 1983. Rooting of semihardwood peach cuttings as

- effected by shoot position and thickness. Hort-science 18(5): 718-719.
28. Martínez, B. E. 1985. Efecto del pH en el enraizamiento de estacas de algunas especies frutales y ornamentales. Tesis profesional. UNAM.
  29. Medina, E. 1976. Introducción a la Ecofisiología Vegetal. Serie de Biología. Monografía N<sup>o</sup>. 16. Venezuela.
  30. Moi, L. T., Yusufova, M. A., Kefeli, U. I. 1983. Interaction between beta-indolyacetic and gibberellic acids during the process of rhizogenesis in bean leaf cuttings. Doklady Botanical Sciences. USRR. 271/273, 115-118.
  31. Moore, C. T. 1979. Biochemistry and Physiology of plant hormones Springer-Verlag. 274 pp. cons. 33-89.
  32. Negi, K. S., Tiwari, C. K. 1984. Vegetative propagation in cuttings of Pongamia pinnata Pierre by auxins. Indian forester. India. 110, 7, 655-659.
  33. Nicotra, A. 1973. Prove di radicazione di talee legnose di numerose varietà di albicocco. Annali della'Ist. Sper. per la Frutt. IV: 213-217.
  34. \_\_\_\_\_ e Cappellini, P. 1972. Prova di radicazione di talee legnose di varietà di albococco trattate con IBA. Annali dell'Ist. Sper. per la Frutt. III: 397-410.
  35. \_\_\_\_\_ 1974. Indagine sulla capacità di radicazione di talee le nose di numerose cultivar di susino. Annali dell'Ist. Sper. la Frutt. VIII: 75-83.

36. Nicotra, A. e Moser, C. 1978. Propagazione di diversi portinnesti utilizzando talee legnose conservate in frigorifero. *Annali dell'Ist. Sper. per la Frutt.* IX: 57-70.
37. O'Rourke, F. L. 1940. The influence of blossom buds on rooting of hardwood cuttings of blueberry. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 40: 332-334.
38. Pidi, N. 1981. La multiplicación de las plantas. Ed. de Vecchi España, págs. 84-96.
39. Porlingis y Therios. 1976. Rooting response of juvenil and adult leafy olive cuttings to various factors. *J. HORT. Sci* 5 ( ): 31-39.
40. Ranade, S.; David, S. B. 1985. Quinones as plant growth regulators. Poona. Pune 411007 Plant growth regulation 31. 3-13.
41. Reyes Castañeda, P. . Diseño de experimentos agrícolas. Ed. Trillas. México. pág. 48-80.
42. Richer - Leclerc, C.; Chong, C., Binns, M. P. 1984. Rooting of two evergreen species in response to photoperiod and plant extract treatments. *Plant. Propagator. Canada.* 30,4. 9-11.
43. Robbins, W. J. 1957. Gibberellic acid and the reversal al adult *Hedera* to a juvenile state. *Amer. J. Bot.* 44(9): 743-746.
44. Rosati, P. e Faedi, W. 1977. Radicazione di talee di rovosenza spine. *Atti Incontro Frutticolo della soi su lampone, rovo, mirtillo, ribes.* Cunao.

45. Sadowska, A. 1977. Ensayos de propagación por estaca de madera dura de portainjertos y cultivares de manzano. Memorias II Congreso Nal. de Fruticultura págs. 180-183. México, (Mich.)
46. Salisbury, F. and Ross, C. 1978. Plant physiology. 2nd ed. Nadsworth/Wise ed. USA.
47. SARH. 1980. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. D.G.E.A. México. pp. 209-214.
48. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A. C. 1985. Primer Congreso Nacional de la SMCH. Resumen de Ponencias. Hermosillo, Son. Pág. 69.
49. Solares Díaz, G. 1985. Alteraciones cromosómicas de manzano. Tesis Profesional. UNAM. México.
50. Ughreja, P. P.: Chauhan, K. S. 1983. Effect of plant growth regulators on rooting in air-layers of ber (Ziziphus mauritiana Lam.) Haryana Journal of Horticultural Sciences.
51. Valdez, V. F. 1984. Efecto del ácido indolbutírico en el enraizamiento de tres diferentes tipos de estacas de la especie arborea Ginkgo biloba L. Tesis Profesional. UNAM. México.
52. Villegas, M. A. 1978. Enraizamiento de estacas de manzano MM106 tratadas con AIB y AIA a una temperatura de 16°C en la base. Tesis Profesional. ENA. México.
53. Villegas, M. A. 1985. Comunicación personal.

54. Wain, R. L. 1980. El control químico del crecimiento de plantas "Los reguladores de las plantas y los insectos". CONACYT. México. págs. 13-25.
55. Weaver, R. J. 1976. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Ed. Trillas. México.
56. Wolstenholme, B. N.; Maistrom, H. L. and Rombery, L. D. 1979. Juvenility and its implications: with special reference to pecan. Part I. Pecan Quarterly 13 (4): 4-7. 10.