

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**



**TESIS DE GRADO  
REPRODUCCION MEDIANTE ESTACAS DE TRES ESPECIES DE ALAMO  
(*Populus spp.*) CON TRES TIPOS DE FITOHORMONAS EN ARACA – PROVINCIA  
LOAYZA**

**EMILIO GUALBERTO CAÑAVIRI VALDEZ**

**La Paz – Bolivia**

**2007**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

*Tesis de Grado presentado como  
requisito parcial para optar al  
Titulo de Ingeniero Agrónomo*

**REPRODUCCION MEDIANTE ESTACAS DE TRES ESPECIES DE ALAMO  
(*Populus spp.*) CON TRES TIPOS DE FITOHORMONAS EN ARACA – PROVINCIA  
LOAYZA**

**Emilio Gualberto Cañaviri Valdez**

**Asesores:**

**Ing. Luis Goitia Arce** .....

**Ing. Raúl Gonzáles Flores** .....

**Comité Revisor:**

**Ing Msc. Hugo Bosque Sánchez** .....

**Ing Msc. Félix Rojas Ponce** .....

**Ing Msc. Ramiro Mendoza** .....

**APROBADA**

**Presidente:**

.....

## ***INDICE GENERAL***

Pag,

INDICE GENERAL	i
INDICE DE FIGURAS	iv
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FOTOGRAFIAS	iv
RESUMEN	iiiv
<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
1.1.OBJETIVOS	3
1.1.1. Objetivos generales	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
1.2. HIPOTESIS	3
<b>II REVISION DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
2.1. CARACTERISTICAS DE LA PLANTA DE ALAMO	4
2.1.1. Clasificación	4
2.1.2. Sistema radicular	5
2.1.3. Tallo y ramas	6
2.1.4. Hoja	7
2.2. PROPAGACION VEGETATIVA POR ESTACAS ENRAIZADAS	8
2.2.1 Propagación vegetativa	8
-Álamo clonal	8
-Ventajas de la reproducción vegetativa	9
2.2.2. Tipos de multiplicación vegetativa	9
-Por cultivo de tejidos vegetales	10
-Por injertos	10
-Por acodos aéreos	10
-Por estacas, ramillas o esquejes	11
2.2.3. Propagación por estacas enraizadas	11
-Selección y preparación del material	12
-Corte y tratamiento de estacas	13

2.2.4. Fitorreguladores estimulantes de raíces	14
a) Auxinas	14
b) Giberelinas	15
-Introducción del enraizamiento de estacas	17
-Fitohormonas comerciales estimulantes de raíz	17
2.2.5. Medios enraizadores	18
2.4.6. Factores ambientales para el enraizamiento	19
2.4.7. Propagadores para enraizamiento	20
2.4.8. Aclimatación y transplante	20
<b>III MATERIALES Y METODOS</b>	<b>21</b>
3.1. LOCALIZACION	21
3.2. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ARACA	21
3.3. MATERIALES	22
3.3.1. Material vegetal	22
3.3.2. Descripción del material vegetal	22
3.3.3. Material biológico estimulante enraizados	23
3.4. METODOLOGIA	24
3.4.1. Descripción del ensayo	24
3.4.2. Análisis económico	25
3.4.3. Metodología de campo	26
-Instalación y trazado del vivero	26
-Instalación de propagadores de polietileno	27
-Mezcla de sustrato para embolsado	29
-Recolección de estacas	29
-Preparación de soluciones fitohormonales biológicas	32
-Preparado de bolsas para plantado	33
-Plantado de estacas	33
-Labores culturales	33
3.4.4. Mediciones y observaciones	34
-Periodo de aclimatación	35
3.4.5. Variables de respuesta	35
.-Porcentaje de prendimiento de estacas	35
-Días a la brotación	35
-Diámetro del tallo y altura de brotación	36
-Numero de hojas por estaca	36

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>37</b>
4.1. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO	37
4.2. DATOS FENOLOGICOS	43
4.2.1. Días a la brotación	43
4.2.2. Crecimiento diámetro brote principal	44
4.2.3. Altura del brote principal	50
-Análisis de correlación y regresión de 9 tratamientos (altura vs. diámetro)	50
a) análisis de correlación ( r )	52
b) análisis de regresión ( b )	52
4.2.4. Número de hojas del brote principal	55
4.2.5. Índice de área foliar	58
4.3. RELACION ENTRE LAS ESPECIES ESTUDIADAS	58
4.3.1. Porcentaje de prendimiento y altura de brotación	60
4.3.2. Días a la brotación y porcentaje de prendimiento	61
4.3.3. Altura de brotación e índice de área foliar	62
4.3.4. Índice de área foliar y numero de hojas por estaca	63
4.3.5. Diámetro del tallo y altura de brotación	63
4.4. ANALISIS ECONOMICO	64
4.4.1. Estudio económico para los tratamientos	64
-Análisis de dominancia	65
-Análisis marginal de beneficios netos	66
4.4.2. Comparación de la técnica de propagación por estacas como alternativa tecnológica en comparación con la técnica tradicional como testigo	69
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>69</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>70</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>73</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>75</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición química de las auxinas	15
Figura 2. Estructura de las giberelinas	15
Figura 3. Propagador de polietileno	29
Figura 4. Porcentaje de prendimiento durante el experimento	15
Figura 5. Numero de días a la brotación por tratamiento	45
Figura 6. Seguimiento diámetro del brote principal	50
Figura 7. Desarrollo del brote principal (altura) desde la emisión del brote hasta antes de la plantación definitiva ( 5 med.)	53
Figura 8. Secuencia del numero de hojas hasta 125 días después del plantado y numero de hojas a la 5 ta. medición	58
Figura 9. Índice de área foliar promedio por tratamientos a la ultima evaluación	60

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Fitohormonas que existen en el mercado	18
Cuadro 2. Factores ecológicos del álamo	21
Cuadro 3. Composición fitohormonas específicas	22
Cuadro 4. Promedios a la última medición de las variables de respuesta	35
Cuadro 5. Cuadros medios del análisis de varianza, porcentaje de Prendimiento y otras características en vivero	39
Cuadro 6. Comparación de medias para el porcentaje de Prendimiento para fitohormonas y especies	40

Cuadro 7. Comparación de medias para días a la brotación para fitohormonas y variedades	41
Cuadro 8. Comparación de medias para diámetro de brote principal Para fitohormonas y especies	45
Cuadro 9. Comparación de medias para altura del brote principal para Fitohormonas y especies	48
Cuadro 10. Seguimiento de altura (5 mediciones promedios de cuatro bloques del brote principal) expresado en centímetros	50
Cuadro 11. Resultados de correlaciones y regresión, altura vs diámetro, del tallo del brote principal de los nueve tratamientos	53
Cuadro 12. Comparación de medias para el número de hojas brote principal para fitohormonas y especies	55
Cuadro 13. Comparación de medias para el índice de área foliar para fitohormonas y especies	57
Cuadro 14. Respuesta del comportamiento de tres clones de álamo a tres tipos de fitohormonas	60
Cuadro 15. Presupuesto parcial del método por propagación de estacas de álamo con tratamientos de fitohormonas	63
Cuadro 16. Análisis de dominancia de datos de respuesta del comportamiento de tres especies de álamo a tres tipos de fitohormonas	67
Cuadro 17. Análisis marginal (T.R.M.) de las especies de álamo a tres tipos de fitohormonas	70
Cuadro 18. Análisis del mejor tratamiento A1B1 (Rotothor x <i>P. alba</i> ) al estudio económico por estacas vs método tradicional de la comunidad	70

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1	Camaras de enraizamiento	27
Fotografia 2.	Macetas con sustrato en propagadores	27
Fotografia 3.	Distintos cortes de estacas de alamo	29
Fotografia 4.	Brote nuevo de estacas prendida	30
Fotografia 5.	Estaca de alamo enraizada	31
Fotografia 6.	Estaca lista para transplantar a campo definitivo	34

## ABREVIATURAS DE FITORREGULADORES

GA = acido giberelico

IAA = acido indolacetico

IBA = acido indolbutirico

NAA = acido naftalenacetico

## RESUMEN

El presente trabajo se llevo a cabo en la parcela experimental en la comunidad de Bajaderia en la región de Araca de la provincia Loayza del departamento de La Paz, a 250 Km al sur este de la ciudad de La Paz, a una altitud de 2800 m.s.n.m.

En la región de Araca, el álamo es una de las especies principales para el uso agroforestal, fuente de energía, y material de construcción, esto ocasiona un requerimiento de plantines de álamo, por lo que es necesario realizar otros métodos de propagación como los que se realizaron en este estudio..

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, en el que se probó dos factores; El factor A fitohormonas (A1 = Rootor, A2 = Rootone y A3 = Biozyme \*Tf) y el factor B especies (B1 = *Populus alba*, B2 = *Populus nigra* y B3 = *Populus balsamifera*). El parámetro de evaluación más importante fue el porcentaje de prendimiento también se evaluó, los días a la brotación, diámetro y altura de brote, índice área foliar.

De los nueve tratamientos se destacaron las especies: *P. balsamifera* y *P. alba* con altos porcentajes de prendimiento mayores al 70%, con el uso de las hormonas. Rootone y Rootor. En el comportamiento agronómico de estacas en vivero, para las variables porcentaje de prendimiento, días de brotaron, diámetro y altura de brote principal e índice de área foliar, estadísticamente fueron altamente significativas para ambos factores, en el caso de variable número de hojas para fitohormonas se registra estadísticamente no significativo y para especies altamente significativo.

Los tratamientos fitohormonales, resultaron ser eficientes para la reproducción de álamo en la región de Araca que puede sustituir el método tradicional de los comunarios, el análisis económico muestra que los mejores tratamientos fueron Rootone x *P. balsamifera* y Rootone x *P. alba* donde el incremento e los beneficios netos de la inversión aumentan considerablemente y puede aumentar mas si la cantidad invertida es mayor. La tasa de retorno marginal confirma la viabilidad de la técnica de propagación por estacas haciéndola técnicamente viable y económicamente rentable.

## I. INTRODUCCION

El genero *Populus*, con sus diferentes especies es de gran importancia en la zona central de los valles de la región central de Bolivia por su utilización agroforestal y forestal. Tapia (1990), menciona que actualmente la propagación de plantines de álamo se realiza generalmente por la técnica de enraizamiento de estaquillas, por lo que esta forma de propagar es factible para optimizar la utilización del material vegetal.

La región de los valles de Araca reúne todas las condiciones para este genero y sus especies por las temperaturas óptimas, buena distribución de lluvias, buen drenaje y suelos francos. Así producir y propagar plantines de álamo puede constituir un factor de forestación y generación de ingresos para la población de la región.

Según FAO (1999), indica que el productor tiene que utilizar plantas madres con características sobresalientes, para la obtención de estaquillas capaces de generar plantines clonados, que mantengan las características en relación a las progenitoras. Actualmente en la región de Araca existen plantas introducidas, estas sirven para diferentes actividades relacionadas principalmente con la actividad de la agroforesteria lo que ocasiona un requerimiento de plantines de álamo de buena calidad y en gran número, haciendo necesario el realizar ensayos de nuevos métodos de propagación mas adecuados.

La razón fundamental de la investigación fue establecer el más adecuado método de reproducción, para maximizar rendimientos, a niveles económicamente aceptables en la producción de plantines de álamo, con diferentes tratamientos fitohormonales en tres especies de álamo.

Basándose en las anteriores consideraciones se planifico la ejecución de un estudio con la utilización de tres tipos de especies en las condiciones de Valle Interandino con tres tratamientos de fitohormonas; el principal propósito de esto es detectar nuevas alternativas con posibilidades de uso por parte de los pequeños agricultores de la región, quienes son los mas necesitados de este tipo de soluciones.

Se ha observado en la región del estudio la necesidad de contar con una mayor cantidad de plantas, las que podrían ser producidas de acuerdo a las recomendaciones del trabajo de estudio.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVOS**

#### **1.1.1 Objetivo General.**

- Evaluar el efecto de fitohormonas en la reproducción vegetativa (asexual) del álamo, por estacas enraizadas aplicando tres tipos de fitohormonas.

#### **1.1.2 Objetivos Específicos.**

- Analizar el comportamiento de tres especies de álamo bajo la técnica de reproducción vegetativa, por estacas aplicando tres tipos de fitohormonas.
- Determinar los costos en la producción de álamo mediante la técnica de enraizamiento de estacas en los tres tratamientos con fitohormonas.

## **1.2 HIPÓTESIS.**

### **Ho:**

- La aplicación de tres tipos de fitohormonas no tiene ninguna influencia en el comportamiento de las tres especies de álamo bajo la técnica de reproducción vegetativa por estacas .
- Los costos que resultan de los tres tratamientos con fitohormonas para la reproducción de tres especies de álamo no presentan diferencias entre si.

## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

### **2.1. Características de las plantas de álamo**

Pruett (1991) indica , que las especies del genero *Populus* son árboles de un solo tronco, deciduos o semiperennes muchas de ellas se reproducen mediante la emisión de brotes de sus raíces yemíferas (una propiedad poco frecuente en árboles) o el enrizamiento de tallos aéreos, característica de gran importancia en el establecimiento y manejo de sus plantaciones son probablemente los árboles de clima templado los que crecen mas rápido; un rasgo congruente tanto con su papel de especie pionera como con el habito heterofilico de crecimiento. La detección del crecimiento esta bajo control fotoperiodico, característica a tener en cuenta cuando se llevan especies a lugares de distinta latitud que su zona de origen. Las hojas preformadas difieren, a menudo considerablemente las neoformadas (heterofilia) en forma textura y lobulado, siendo las primeras de gran importancia taxonómica y y tienden a diferenciarse marcadamente entre las secciones.

Nosti (1971) menciona, que los álamos son una especie diclina dioica (con pies y flores de sexos separados) que en su mayoría florecen antes de la filiación en primavera, a partir de yemas especializadas que contienen las inflorescencias preformadas. En una misma localidad de sus zonas de origen, las distintas especies suelen tener algunos días de diferencia en la fecha de floración las cápsulas y sus semillas maduran mas o menos al mismo tiempo que las hojas preformadas coincidiendo con la época de mayor humedad en el suelo (creciente primaveral de los cursos de agua o estación de lluvias). Las semillas son no-durmientes y de escasas reservas por lo que si fracasan en germinar perecen en pocos días. Las características de flores e inflorescencias son de la mayor importancia en la definición de las secciones.

#### **2.1.1. Clasificación**

Enríquez y Paredes, (1989).mencionan que, la clasificación científica indica: los álamos forman el género *Populus*, de la familia de las Salicáceas (Salicaceae). El chopo negro es la especie *Populus nigra*; el álamo blanco es *Populus alba*, y el álamo bálsamo, *Populus balsamifera*. Desde el punto de vista botánico se clasifica al álamo de la siguiente manera

.División.....Espermatofita  
Clase .....Angiosperma  
Subclase.....Dicotiledoneas  
Orden.....Salicales..  
Familia.....Salicaceae  
Genero.....Populus  
N.Comun.....Alamo

### **2.1.2.Sistema Radicular.**

Las plantas provenientes de semilla tienen una raíz pivotante o primaria, mientras que las plantas provenientes de estacas enraizadas el sistema radical es siempre en forma de abanico, la raíz pivotante también se puede formar a partir de chupones (Barros, 1981). La raíz pivotante puede crecer normalmente entre 1.20 y 1.50 m, ocasionalmente puede alcanzar 2 m, dependiendo del suelo y algunos otros factores edáficos del lugar. En su mayoría (85-90 por ciento), de las raíces se ubican en los 20 y 25 cm. de profundidad del suelo alrededor del árbol, llegando un árbol normal a cubrir aproximadamente un área equivalente a la de su copa, pero en forma muy irregular. (Vera, 1998).

Según Hernández (1983), la raíz principal o primaria puede alcanzar de 30 a 40 cm de longitud, en 4 y 5 meses, 8 a 9 m. al cabo de 5 y 6 años. A los 10 años aproximadamente, la raíz primaria ha alcanzado prácticamente su desarrollo definitivo y su longitud varía de 1.80 a 2.50 m, aunque no es difícil encontrar ejemplares que sobrepasen los 2,5 m, estando muy relacionado con la exigencia de la planta. (Enríquez y Paredes, 1989).

Las raíces secundarias se encuentran inmediatamente debajo del sitio de unión de la raíz con el tallo o cuello, distribuyéndose en su mayoría a los 15 a 20 cm inferiores de la capa arable del suelo, llegando a alcanzar distancias de 5 a 6 m, a partir del tronco; crecen perpendicularmente en relación al tallo, tienen raíces laterales y se dividen repetidamente, cambiando la dirección de acuerdo a los obstáculos del suelo (Vera, 1998).

### **2.1.3. Tallo y ramas**

En correspondencia con su habito de crecimiento rápido y casi ininterrumpido durante la estación favorable, su madera es clara, liviana, con porosidad difusa lo que hace que sus anillos de crecimiento sean difícil de individualizarlo con exactitud para determinar su edad. La corteza permanece delgada y verde durante varios años y en algunas especies (*P. tremuloides* y *P. grandidentada*) contribuyen significativamente a la fotosíntesis. Es una especie heliófila, cuya altura en árboles con crecimiento libre puede llegar 30 m. y de longevidad corta (menor a 100 años).Hernandez ( 1998).

### **2.1.4. Hoja**

Enríquez y Paredes, (1989) describe: las hojas son simples y alternas, pecioladas con el pecíolo aplanad transversalmente, estipuladas y con pelos glandulosos en los bordes, y a menudo con glándulas en la unión de la lamina y el pecíolo de gran valor taxonómico. La forma es básicamente oval a triangular con lóbulos de distinta profundidad y nerviacion palmatopinada.

## **2.2. PROPAGACIÓN VEGETATIVA POR ESTACAS ENRAIZADAS**

### **2.2.1. Propagación vegetativa**

Casi todas las plantaciones comerciales de alamo están formadas por plantas procedentes de estaquilla, con una gran uniformidad. Sin embargo el alamo puede propagarse por otros medios vegetativos y por semilla el desarrollo de

nuevos clones superiores empleando técnicas modernas para el enraizado de estacas de madera suave (Hartmann y Kester, 1986).

Hernández (1983) indica que, la reproducción asexual, vegetativa o agámica es la reproducción por medio de partes vegetativas. En muchas plantas es posible ya que éstas, una vez separadas de la planta madre, tienen la capacidad de regenerar, bien sea un nuevo sistema radicular, un nuevo sistema de ramas o ambos, o bien tienen capacidad para unirse con otra parte de la planta.

La propagación asexual llamada clones implica la división mitótica de las células en la cual, de ordinario hay una duplicación íntegra del sistema cromosómico y del citoplasma asociada de la célula progenitora, para formar dos células hijas. En consecuencia, las plantas propagadas vegetativamente reproducen, por medio de la replicación del ADN, toda la información genética de la planta progenitora, por esto las características específicas de una planta madre son perpetuadas en la propagación de un clon. (Hartmann y Kester, 1986)

### **Álamo clonal**

Gutiérrez (1988) hace notar, que se puede nombrar clon al material de propagación agámica o vegetativa, genéticamente uniforme, derivado originalmente de un solo individuo o planta madre selecta, en el que se mantiene su estabilidad y características y es propagado solamente por vía vegetativa (tales como estacas, injerto y acodo).

Para obtener un clon tenemos que realizar un trabajo a largo plazo para poder realizar a cabalidad el trabajo de selección que se requiere, partiendo de un chequeo inicial de miles de plantas productoras de los tipos de álamo existentes en el área a estudiar. A lo largo del tiempo se lleva un control constante y riguroso de las plantas y sus características, eliminando las que no han llenado los requisitos, y se conservan para continuar su análisis, aquellas que mantienen estables años tras años, los índices cualitativos o cuantitativos buscados por el mejorador. (Hernández, 1983).

## **Ventajas de la reproducción vegetativa**

Enríquez y Paredes (1989) y Barrios (1981) mencionan que, la propagación o multiplicación vegetativa ofrece las siguientes ventajas:

- Se conservan, íntegramente las características de la planta madre.
- Perpetúa los caracteres genéticos de las variedades en cuanto a su capacidad productiva, calidad y a su resistencia a plagas y enfermedades.
- Los caracteres del árbol madre pueden multiplicarse las veces que se desee, para obtener plantaciones uniformes.

### **2.2.2. Tipos de multiplicación vegetativa**

Enríquez y Paredes (1989), indican que se conocen varios métodos para reproducir cacao en forma asexual:

- Por cultivo de tejidos vegetales (meristemas)
- Por injertos
- Por acodos
- Por estacas, ramillas o esquejes

#### **Por cultivo de tejidos vegetales**

Consiste en la separación de una parte de tejido (meristema) de la planta madre para ser colocados en tubos de ensayo con un medio nutritivo artificial aséptico, al que se le adicionan sustancias regulares de crecimiento. Una vez lograda la formación de la plántula se secciona en partes y se repite el proceso hasta conseguir el número de ejemplares deseado (Enríquez y Paredes, 1989).

#### **Por injertos**

El injerto conjuntamente con el acodo y la estaca, dada su naturaleza somática, han vencido en el proceso de la propagación de las plantas, graves inconvenientes que acarrea este proceso para varias especies económicas, cuando se efectúa por vía gámica, o sea por semillas (Hernández, 1983).

El injerto en alamo tiene la ventaja de que permite el mayor aprovechamiento del material que se desea propagar. El método consta de dos elementos básicos: el patrón y la vareta (porta-yemas). El patrón será un árbol originado por semilla, sano y vigoroso, generalmente de 4 a 5 meses de edad. Las varetas porta-yemas se recolectaran preferiblemente de ramas cuyos cogollos no estén tiernos y de características deseables (Vera, 1998).

### **Por acodos aéreos**

Constituye otro procedimiento de reproducción vegetativa, en las que pueden emplearse ramas de mayor edad que las ramillas. En este caso se debe cortar un anillo de corteza de un centímetro de ancho y depositar sobre ella cualquier hormona que estimule la emisión de raíces; la herida debe cubrirse con material enraizante (aserrín de balsa o estopa de coco por ejemplo) humedecido y sujeto por un plástico perforado. Luego de enraizada la rama (proceso que demora aproximadamente unos 40 días según la especie vegetal), se la puede separar de la planta y sembrarla en fundas de polietileno llenas de tierra. Las nuevas plantas deben transportarse a un lugar sombreado, previo a la siembra al campo definitivo (Vera, 1998).

Se seleccionan plantas madres capaces de generar 25 plantines clonados de ramas terminales y transversales sanas de unos 30 centímetros de largo con dos o mas ramificaciones y tronco leñoso, en dicho tronquito (4 a 5 mm de diámetro) se moja un sector con hormona disuelta sobre este, se enrolla musgo húmedo, y se cubre con envoltura de polietileno, asegurando que quede bien sellado en los extremos. Al cabo de un mes habrán surgido raíces y el acodo está preparado para ser cortado y transplantado, se recomienda colocar una bolita de arcilla amasada con caldo bórdeles (Zapp, 2000).

## **Por estacas, ramillas o esquejes**

La reproducción por estacas es aquella en que una parte del tallo es cortada de la planta progenitora, y puesta en condiciones ambientales favorables e inducida a formar raíces y ramas, produciendo así una planta nueva e independiente que, en la mayoría de los casos, es idéntica a la planta original. La eficiencia de este método depende de varios factores, tales como: el cultivo de cacao, condición de las estacas, el medio enraizador, la hormona que se utilice y las condiciones ambientales durante el proceso de la reproducción (Hernández, 1983). Véase también Anexo 5.

### **2.2.3. Propagación por estacas enraizadas**

Este es el método más importante para propagar, arbustos ornamentales, especies perennifolias de hoja ancha o de hoja angosta. Las estacas también se usan ampliamente en la propagación comercial en invernadero de muchas plantas, y se usa en forma común para propagar diversos tipos de frutales (Hartmann y Kester, 1986).

Un buen éxito del enrizamiento solo es posible cuando se selecciona cuidadosamente el material que se va a usar y se prepara en forma adecuada por lo tanto, incluye tres pasos principales: selección y manejo de la plantación madre, corte y tratamiento de las estacas y siembra de las estacas (Barros, 1981).

Enríquez y Paredes (1989) mencionan que, los requisitos indispensables para el enraizamiento de estacas son:

- Suficiente área foliar
- Intensidad adecuada de luz
- Temperatura constante del aire (20° y 27°C).
- Atmósfera saturada de humedad
- Medio enraizante apropiado
- Ausencia de plagas y enfermedades

- Hormona de enraizamiento
- Disponibilidad de agua
- Material vegetal para enraizar debe provenir de un árbol sano, libre de enfermedades y con una buena producción.
- Condición adecuada de la yema apical.

### **Selección y preparación del material**

Cuando un árbol cabeza de clon ha sido escogido para una multiplicación vegetativa, es posible extraer cierto número de ramas para constituir estacas, pero siempre en cantidad limitada. (Vera, 1998).

Estas ramas que se escogen preferentemente de la parte sombreada del árbol, proporcionan las primeras estacas arraigadas. Los resultados de esta primera multiplicación no son siempre muy satisfactorios, ya que es difícil, a veces, encontrar en un solo árbol la cantidad suficiente de ramas buenas para esquejes (Hernández, 1983).

Es aconsejable seleccionar ramillas o varetas provenientes de la última porción de crecimiento de árboles que se encuentran bajo sombra definitiva; el crecimiento de donde proviene la ramilla se distingue por presentar en su parte superior, un ligero cambio de color café a verde claro y ser de aproximadamente 1 cm. de diámetro. (Vera, 1998).

### **Corte y tratamiento de estacas.**

Se seleccionan en la plantación unas cinco a diez plantas madres por hectárea y al fin de la cosecha, cuando haya comenzado el periodo de lluvias, se seleccionan en dichos árboles madres, ramas terminales y transversales, con las mismas condiciones que del acodo, se cortan y se transportan dentro agua o dentro de paja húmeda al vivero. Se remueve el 50 % de la superficie de cada hoja para reducir el área foliar de la evaporación se corta la ultima pulgada del tronco

para reactivar los canales y se sumergen los esquejes unos dos a tres centímetros en solución hormonal (Zapp, 2000).

Las ramas para las estacas se deben cortar en las primeras horas de la mañana, la longitud de la estaca es de 20 a 25 centímetros. Inmediatamente después de cortadas las estacas, se envuelven con tela húmeda para mantenerlas en condiciones apropiadas de humedad. (Barros, 1981).

Hernández (1983), indica que la base de la estaca se corta con ayuda de instrumentos que estén bien afilados (cuchillas tijeras de podar y otros) mientras que el limbo de las hojas conservadas sobre las estacas se corta a la mitad o a un tercio. Una rama puede proporcionar, según los casos una o varias estacas. Si se dispone de poco material se preparan estacas con 4 ó 5 hojas, por el contrario, el banco proveedor puede suministrar material en gran cantidad; se preparan estacas mayores, 6 ó 7 hojas, cuyo desarrollo posterior será mas rápido

#### **2.2.4. Fitorreguladores estimulantes de raíces**

En las plantas, ciertas concentraciones de diversas sustancias de ocurrencia natural en ellas tienen propiedades semejantes a las hormonas, son más favorables que otras para la iniciación de raíces adventicias., se ha realizado estudios para poder determinar esas relaciones. Para distinguir entre hormonas vegetales y reguladores de crecimiento. Varias clases de reguladores de crecimiento, como las auxinas, citokininas y giberelinas, inhibidores (como el ácido abscisico) y el etileno, influyen sobre la iniciación de las raíces, de ellas, la auxina es la que tiene mayor efecto sobre la formación de raíz en las estacas (Hartmann y Kester, 1986).

Rodríguez (1991), define a las hormonas vegetales mas importantes de la siguiente manera:

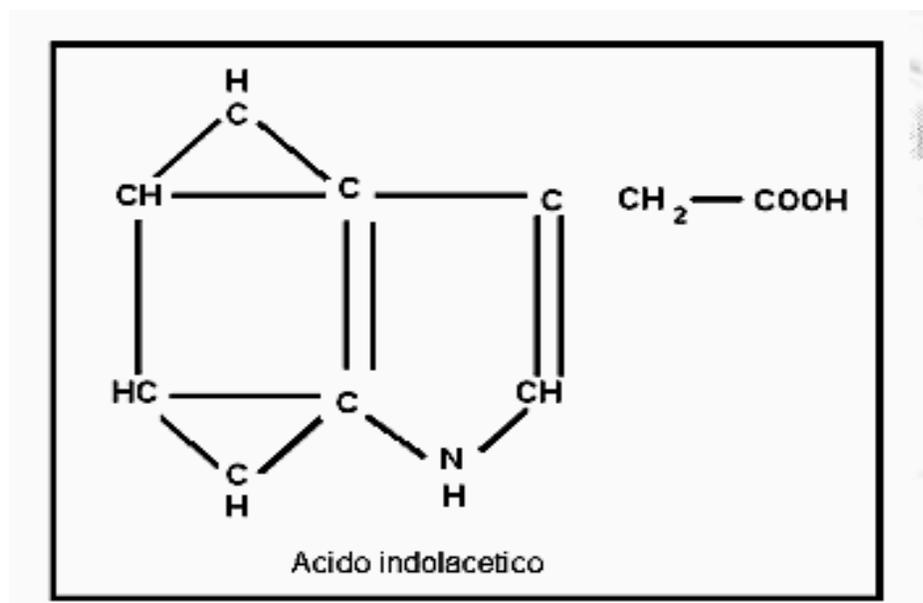
##### **a) Auxinas**

Se define, "como una sustancia química orgánica producida naturalmente en las plantas, que estimula el crecimiento y otras funciones fisiológicas en un sitio alejado del lugar de producción y que actúa en concentraciones bajas".

- **Fitorreguladores auxínicos.**

El término auxina designa cualquier hormona perteneciente al grupo auxínico, los fitorreguladores más utilizados tienen moléculas iguales o muy similares a las hormonas naturales, entre los grupos auxínicos están el *ácido indolbutírico (IBA)*, que es una auxina natural típica que se utiliza poco en la tecnología por su gran movilidad en la planta. Derivados del Naftaleno, siendo de amplio uso los *ácidos naftaleanacético (NAA)*. Ejerce un efecto característico sobre la diferenciación celular, promoviendo la formación de órganos adventicios (Rojas y Ramírez, 1991). En efecto la auxina está concentrada en el ápice caular y en la raíz del brote germinante (Rodríguez, 1991)

**Figura 1. Composición química de las auxinas**



**FUENTE:** Rodríguez (1991)

El ácido indol acético, la auxina más común, suele formarse cerca de los brotes nuevos en la parte superior de las plantas, fluye hacia abajo para estimular el alargamiento de las hojas recién formadas. Los científicos han obtenido compuestos químicos, llamados estimulantes de crecimiento, basados en auxinas naturales (ENCARTA, 1999)

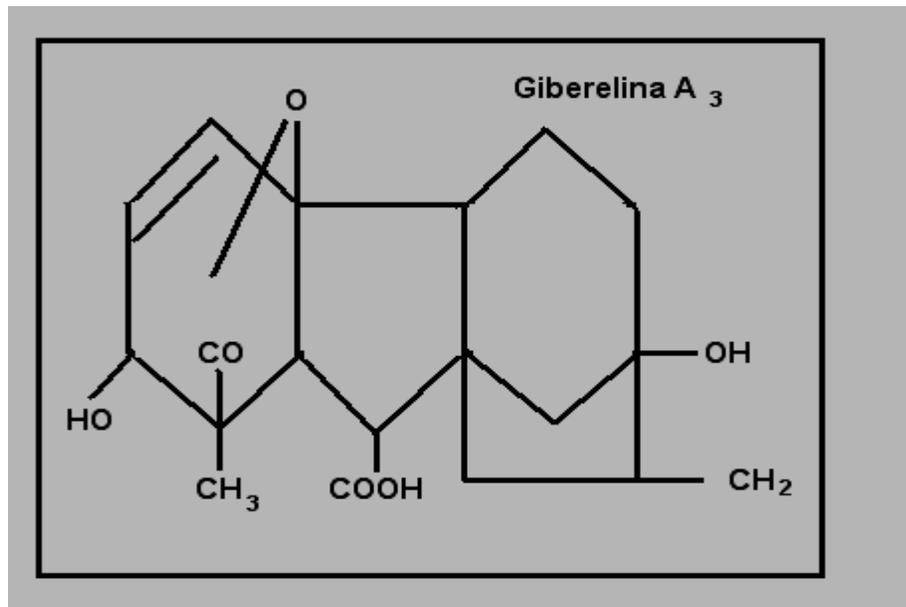
## **b) Giberelinas**

Se define, “como fitohormonas que son elaboradas por las propias plantas y forman parte del equipo regulador del desarrollo de las plantas superiores que son particularmente eficientes provocando la elongación de los tallos de las plantas intactas”.

### **- Fitorreguladores giberélicos.**

Las Giberelinas se obtienen por medio parcialmente biológico (Fermentación) y químico (purificación). En los vegetales superiores hay muchas giberelinas que en general causan efectos similares pero no en todos los casos en experimentación científica se usa el *ácido giberélico* (GA) conocidas y puras. El (GA) alarga los tallos de las plantas en roseta y otras formas enanas, mientras que el efecto en las plantas normales es mucho menos (Rojas y Ramírez, 1991).

### **Figura 2. Estructura de la Giberelina**



**FUENTE:** Rodríguez, (1991)

Las Giberelinas son otras importantes hormonas controladas del crecimiento vegetal; se conocen mas de cincuenta tipos, que determinan el alargamiento de los tallos e inducen la germinacion de la semilla de algunas gramineas al desencadenar la producción de las enzimas que descomponen el almidon en azucares para alimentar al embrión (ENCARTA, 2004).

### **Inducción del enraizamiento de estacas**

Las tecnicas sobre la propagacion del alamo para enraizar estacas originalmente fueron practicadas desde la antigüedad, siendo reexaminadas y adaptadas en el transcurrir de la historia humana, lo cual puso en claro las condiciones para el éxito (Word, 1982)

Hernandez (1983) menciona que, las estacas así compuestas son tratadas con hormonas mojando su base en una solución alcohólica o en polvos de talco que contengan de 0,6 a 1,0 % de ácido beta-indolbutirico, las hormonas se aplican a los

extremos de las estacas. Si la preparación es líquida, se sumerge los extremos inferiores de las estacas en la solución durante 3 a 4 segundos (inmersión rápida), después se sacuden y se colocan en medio enraizador.

La estimulación del enraizamiento de estacas se logra primordialmente con auxinas sobre todo IBA (ácido indolbutírico) y NAA (ácido Naftalenacético). En algunos experimentos, el IAA (ácido indolacético) y el 2,4; 5-T han dado buenos resultados pero en general el IAA (ácido indolacético) es muy móvil y tiende a inducir raíces a lo largo de la estaca y las auxinas fenoxi (2,4-D; 2,4,5-T), pueden producir raíces anormales (Rojas y Ramírez, 1991).

### **Fitohormonas comerciales estimulantes de raíz.**

En los últimos años han estado apareciendo fitoreguladores de gran complejidad, tanto por que llevan otras fracciones metabólicamente activas, además de hormonas, extractos vegetales que contienen muchísimas moléculas bioactivas y probablemente es variable (Rojas y Ramírez 1991).

El **Cuadro1**, nos muestra algunas fitohormonas comerciales específicas de enraizamiento que existen en el mercado, cabe recalcar que muchos productos tienen otros nombres comerciales y usos registrados además de los indicados (Consultar etiqueta).

### **Cuadro1. Fitohormonas que existen en el mercado.**

<b>Nombre comercial</b>	<b>Nombre técnico y químico</b>	<b>Tipo de producto</b>	<b>Uso principal</b>
Radix	Mezcla de (IBA) y (NAA)	Hormonal	Estimular el enraizamiento de estacas.
Rootone	Mezcla de (NAA) y (IBA)	Hormonal	Estimular el enraizamiento de esquejes.

Raigibb	Giberelina A 3, (GA)	Hormonal	Estimulación General
Rotor	(NAA) (IBA), Acidos nucleicos	Complejo hormonal	Nutriente enraizador desarrollo de raíces en estaca y acodo.
Byozyme Tf	(GA), (IBA) elementos menores	Extractos de origen vegetal Fito hormonales	Regulador de crecimiento general
Raizome	(NAA) y (IBA)	Hormonal	Estimular el enraizamiento
Raizal	Componentes auxinicos y giberelicos	Hormonal	Estimulación en general.

**Fuente:** Elaboración propia

### 2.2.5. Medios enraizadores.

El medio en el cual se inserta la base de la estaca debe permitir a la vez una buena aireación y por tanto un buen drenaje, y proporcionar el agua suficiente para mantener una buena turgencia de los tejidos, existen diferentes medios de enraizamiento son utilizados con éxito, pero para cada uno de ellos debe estar determinada la frecuencia de los riegos y la cantidad de agua a utilizar. Durante mucho tiempo se ha utilizado la arena, pero otros medios formados de partículas porosas son capaces de dar mejores resultados; vermiculita, aserrín de madera descompuesta, fibra de coco, y otros. (Braudeau, 1975).

Según Hernandez (1983), una de las formas en que pudiera ser construido un medio enraizador es la siguiente:

- Se coloca una capa de piedra de 7 a 9 cm. de espesor.

- Sobre esta capa de piedra, se coloca una grava gruesa de 3 a 4 cm.
- Sobre la capa anterior se coloca una de grava fina de 2 cm. de espesor.
- Inmediata a la capa anterior, se coloca una de arena de 3 cm. de espesor.
- Por ultimo, se coloca una capa de aserrín de 35 cm. de espesor.

### **2.2.6. Factores ambientales para enraizamiento.**

Según Enríquez (1985), las condiciones ambientales necesarias para el enraizamiento satisfactorio de estacas de alamo fueron investigadas por primera vez como una alternativa para evitar toda duda relativa a la identidad del cultivar y para eliminar enfermedades a ellos inherentes, es indispensable disponer de viveros bien dirigidos y controlados con regularidad. Hoy en día, la casi totalidad de las plantaciones modernas de alamo se realizan a base de estacas que se definen mediante las siguientes peculiaridades:

- a) Suficiente área foliar que asegure la producción de bastantes carbohidratos por medio de la fotosíntesis, para satisfacer las necesidades del sistema radical en desarrollo y para la vida continua de la estaca.
- b) Intensidad adecuada de luz (por las mismas razones expuestas en la condición anterior).
- c) Una temperatura constante del aire 17° y 29 °C (80 y 84 °F).
- d) Una atmósfera completamente saturada para asegurar máxima turgencia de las células de las hojas.
- e) Un medio enraizante apropiado, que permita aireación adecuada y libre drenaje, y que al mismo tiempo provea suficiente humedad para mantener la turgencia de las células de los tejidos foliares.
- f) Ausencia de bacterias y hongos patógenos, así como de otros organismos nocivos, incluyendo los nematodos que algunas veces infestan el medio enraizante.
- g) Presencia de hormonas de crecimiento en cantidad suficiente para estimular el desarrollo de las raíces.

### **2.2.7. Propagadores de enraizamiento.**

Los propagadores son construcciones que se hacen con el propósito de colocar en ellos las estacas, para que enraícen y se desarrollen. Los propagadores pueden ser de tipo permanente, que se hacen de hormigón, o de tipo transitorio. También los propagadores se pueden diferenciar en que, en unos la estaca se planta en medio enraizador, puesto directamente en bolsas o viveros, sin poder observarse en ese periodo, si se ha producido un buen enraizamiento; en cambio en otros propagadores se puede observar si la estaca ha enraizado bien o mal, por que en el momento de transplantarla a la bolsa, permite la observación de las raíces (Hernández, 1983).

### **2.2.8. Aclimatación y transplante.**

En condiciones adecuadas, el enraizamiento comienza a los 25; a los 45 días se puede suspender la primera etapa para comenzar la etapa siguiente que es de aclimatación y que dura unos 15 a 20 días. Esta aclimatación; requiere condiciones inferiores de humedad y superiores de iluminación; se puede hacer en el mismo propagador, levantando las tapas unos cinco centímetros cada día para que entre mas luz y realizando de cuatro a cinco riegos diarios. (Barros, 1981).

Pasado el periodo de aclimatación las estacas se transplantan a bolsas de polietileno, con tierra buena. El transplante se debe hacer con mucho cuidado, para que las raíces no sufran daño; cuando las raíces son demasiado largas es preferible recortarlas un poco para que no queden dobladas. Posteriormente se llevan a las cámaras de aclimatación donde deben recibir de 20 a 25% de luz, donde permanecerán 10 a 12 día en cámaras; luego se trasladan a un sitio bajo sombra natural; allí se mantienen hasta que estén adecuadas para transplante a sitio definitivo (Barros, 1981).

## **III. MATERIALES Y METODOS.**

### **3.1. LOCALIZACION.**

El trabajo se realizó en la zona de Araca, quinta sección de la provincia Loayza, departamento de La Paz. Esta ubicada a 159 Km. al sur este de la ciudad de La Paz. Geográficamente se sitúa entre: 67° 25' a 67° 41' de Latitud Oeste y 17 ° 00' de latitud sur.

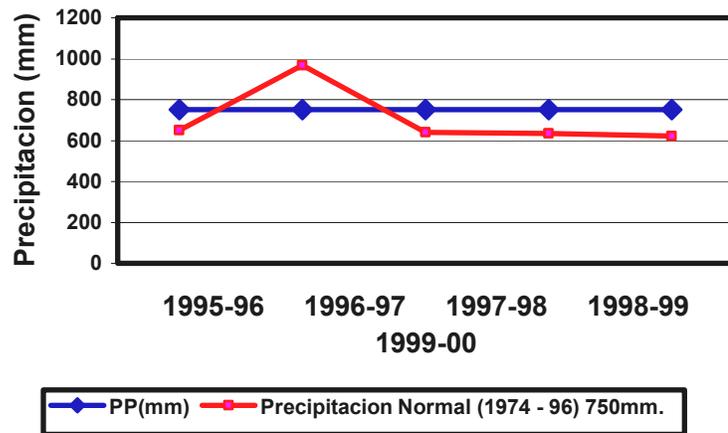
### **a) FISIOGRAFIA**

Por el Diagnostico Microrregional de la Quinta Sección de la provincia Loayza, realizada por "CEPROMU, 1995" el área de trabajo se ubica en el piso ecológico de los Valles de la Región de Serranías Altas, presentando las siguientes características: Altitud de 2.700 m.s.n.m., temperatura promedio anual 12 °C, precipitación promedio anual 500 mm. Presentando los siguientes grandes paisajes la región cordillera localizada la sur de la región y la región de los valles estando al sur de la localidad estas dos fisiográficas están intermediadas por una zona de cabecera de valle frío y húmedo . En este gran paisaje intermedio se encuentra geformas de lomadas y colinas; se incluyen también los conos de deyección, abanicos y grandes cárcavas

### **b) Agroecología de la zona**

La comunidad de Bajaderia ubicada en la zona de Araca, presenta una topografía accidentada llena de colinas , grandes cárcavas en su mayor extensión. Según la clasificación de Montes de Oca (1989), la zona es considerada como Cabecera de Valles. Las condiciones climáticas de la zona de Araca, en 23 años de observación presenta una precipitación anual media promedio de 750,8 m.m. (Figura 1). La temperatura es similar a otras regiones de valles interandinos con una media anual de 14 °C y un periodo libre de heladas de 198 días a una probabilidad de 25% (PROSUKO,2000)

**Figura 3. PRECIPITACION PLUVIAL (mm) REGISTRADO POR GESTIONES AGRICOLAS PERIODO SEPTIEMBRE 1995 – 2000**



Fuente: PROSUKO, (2000)

El comportamiento climático de la región de estudio a lo largo de los cinco años de evaluación, se caracterizó por ser aleatoria en la manifestación de sus diferentes elementos climáticos (PROSUKO, 2000).

Las características de los suelos son de origen fluviales y por erosión de las partes altas cordilleranas el suelo con cualidades agrícolas no es de gran profundidad, en gran parte existe un drenaje muy alto, los suelos son ligeramente alcalinos, con valores de conductividad eléctrica menores a 4 mmhos/cm. Taxonómicamente pertenece al orden INCEPTISOL (Chilon, 1996), Las clases texturales predominantes de la zona van desde arenosa, franco arcilloso.

### c) Vegetación predominante.

Madani (1999) describe, la región donde esta la comunidad cuenta con distintas zonas silvopastoriles formadas principalmente por diversas asociaciones de gramíneas y tubérculos, el sitio en el cual se realizó el trabajo es una zona formada por bofedales con la napa freática superficial donde las principales especies presentes en esta región

se citan a continuación *Festuca dolichophylla* J. Prest (Chilliwa), distintas especies del genero *Calamagrostis spp*, (juncos), y otros en menor proporción.

#### **d) Cultivos predominantes.**

La zona de Araca, en los últimos años se dedico principalmente a la producción de diferentes cultivos forrajeros como: *Avena sativa* L., *A fatua* L. (Avena), *Medicago sativa* L. (Alfalfa), *Hordeum vulgare* L. (Cebada), *Festuca alta* (Festuca), *Dactylis glomerata* L. (Pasto ovillo), *Eragrotis curvula* (Schrad) Nees (Pasto llorón), y como cultivos de subsistencia familiar se tienen a diferentes solanaceas como: *Solanum tuberosum* L. (Papa), *Solanum x juzepczukii* Ochoa (papa luqi). *Chenopodium pallidicaule* Aellen (Kañawa), *Chenopodium quinoa Willd* (Quinoa), *Vicia faba* (Haba).

En lo concerniente a especies forestales nativas la región consta de muy pocas especies nativas como :*Buddleia coriacea* y algunos pequeños grupos de *Raccharis floribunda*, *Baccharis salicifolia*, existe también algunos géneros introducidos y entre ellos tenemos: *Pinus sp.*, *Eucaliptos sp.*, *Sparium junceum*,

### **3.2 MATERIALES**

#### **3.2.1 Material Vegetal.**

Se utilizo estacas de las siguientes especies de álamo:

- Álamo plateado (*Populus alba*).
- Álamo común (*Populus balsamifera*).
- Álamo italiano (*Populus nigra*).

#### **3.2.2 De Campo.**

Para el trabajo de campo se uso:

- 2 quintales de cañahueca.
- 5 metros de agrofilm.
- 2 rollos de alambre de amarre.
- 50 m de alambre de púa (cerco).
- Flexo-metro de 3 m.
- Estacas de tres especies de álamo.
- Libreta de campo.
- Lienzo.
- Estacas de madera.
- Fitohormonas vegetales

### **3.3. METODOLOGIA.**

#### **3.3.1. Descripción del ensayo**

##### **Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue de: “bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas”. En el cual se probó el Factor A: Fitohormonas, y para el Factor B: Variedades, con cuatro repeticiones, y ( cuatro sub-muestras por tratamiento).

##### **Modelo Lineal Aditivo.**

El estudio, se basará en el análisis estadístico bajo el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \varepsilon(a)_{ik} + \theta_j + \alpha\beta_{ij} + \delta(b)_{ijk}$$

**Donde:**

$Y_{ijk}$  = Una observación cualquiera.

$\mu$  = Media general.

$\beta_k$  = Efecto del k-esimo bloque.

$\alpha_i$  = Efecto de la i-esimo tipo de hormona.

$\varepsilon(a)_{ik}$  = Error experimental "a" o de parcela principal.

$\theta_j$  = Efecto de j-esimo variedad.

$\alpha\beta_{ij}$  = Efecto del i-esimo nivel de fitohormona, con el j-esimo nivel de especies (interacción A x B).

$\delta(b)_{ijk}$  = Error experimental de "b" o subparcela.

## Tratamientos

El factor A de ensayo **fitohormonas de enraizamiento.**

A1 = Rothor

A2 = Rootone

A3 = Biozyme \*tf

El factor B de ensayo **especies de álamo.**

B1 = *Populus alba.*

B2 = *Populus nigra.*

B3 = *Populus balsamifera*

### . 3.3.2. Análisis Económico

#### Tasa de Retorno Marginal

Se realizó un ejercicio de posibilidades teóricas de la alternativa tecnológica estudiada, donde se trató de predecir los rendimientos para años futuros, y los costos de producción comparados con las técnicas de propagación asexual conocidas en el lugar ( sin tratamiento con fitohormonas), para este fin se calculó la Tasa de Retorno Marginal (T:R:M).

$$T.R.M. = \left( \frac{B_{Na} - B_{Nt}}{C_{Va} - C_{Vt}} \right) \times 100$$

**Donde:**

*B<sub>Na</sub>* = Beneficio neto de propagación por estacas con tratamiento fitohormonal.

*B<sub>Nt</sub>* = Beneficio neto propagación tradicional sin fitohormonas.

*C<sub>Va</sub>* = Costo variable de la propagación por estacas con tratamiento fitohormonal.

*C<sub>Vt</sub>* = Costo variable de propagación tradicional sin hormonas.

Para los datos de costos variables de la propagación por estacas, se realizaron en base a datos de producción de los viveros de la región en estudio, costo de producción y precios por plantin de las especies de estudio

Este tipo de análisis económico, determina la viabilidad de la técnica de propagación por estacas enraizadas de alamo, para poder proponer a los productores como alternativa mas de producción, que sea económicamente rentable, y técnicamente viable.

### **3.3.3. Metodología de campo**

#### **Instalación y trazado del vivero**

El terreno donde se estableció el vivero para el presente experimento se ubicó en un sitio plano, sin riesgo de estancamiento de agua en época de precipitaciones, en medio de arboles de eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) que se utiliza como semisombra natural para plantines de alamo, el sitio esta alejado de los cultivos de papa y cebada, con el fin de evitar posibles propagaciones de plagas y enfermedades a los nuevos plantines, una orientación de este a oeste para proteger a los platines de los rayos solares. (Véase Anexo 1 Croquis del vivero experimental y disposición de tratamientos).

Dadas las condiciones de este sistema de propagación, en el cual se requiere una

sombra inferior al 25 %, se construyó una semisombra artificial en el que se empleo los siguientes materiales:

- 8 postes de eucalipto
- 20 palos delgados de 3 metros
- 10 quintales de caña hueca de 2 m de longitud
- 4 kilos de clavos de 2 pulgadas
- 8 rollos de alambre de amarre
- 50 m de alambre de púa (cerco)

Para garantizar un sombreado adecuado, se instaló la semi sombra a una altura de 1.5 m. desde la superficie del suelo, formando una estructura de palos delgados que sirvió de soporte para las cañahuecas que fue la semi sombra con 15 % de entrada de luz al inicio para garantizar el enraizamiento raleando paulatinamente en el periodo de aclimatación hasta 50 % de sombra al final.

### **Instalación de propagadores de polietileno**

Para la construcción de las cámaras de enraizamiento, se hizo una excavación en

cada bloque a una profundidad de 20 cm. de profundidad igual a la bolsa o maceta, y 1 m. de ancho por 2 m de largo, posteriormente se construyó una estructura de madera de sostén para el polietileno, en cada bloque, a una altura de 60 cm. por un lado y 70 cm. el otro extremo de esta construcción según el declive, toda esta estructura cubierta con polietileno transparente, (*véase Figura 3*) se instaló estas cámaras en los bloques con el fin de retener humedad durante mayor tiempo posible, para que las raíces se desarrollen normalmente. (*Fotografía 1*)

### **Mezcla de sustrato para embolsado**

Gutiérrez, H. (1988) recomienda, un buen sustrato para utilizarlo en la propagación de estacas de álamo tiene que tener: tierra corriente, compost y arena en una proporción de (6:3:2): es decir, 6 carretillas de tierra del lugar, 3 carretillas de compost y 2 carretillas de arena. Una vez acopiado lo suficiente se homogeneizó, retirando rastrojos y grumos con un cernidor, toda esta combinación fue con el fin de tener un sustrato con buenas características espacio poroso, y absorción de agua.

Finalmente se procedió al embolsado o enmacetado, utilizando bolsas negras perforadas de polietileno de 15 x 25 cm., se ubicaron en las cámaras de enraizamiento de manera uniforme, en tres filas de tal forma que las hojas de las estacas de álamo no choquen demasiado unas a otras, como se muestra en la (*fotografía 2*).

### **Recolección de estacas**

El material vegetal utilizado, estacas de propagación, se recolectó en las comunidades cercanas al lugar de trabajo, previamente se identificó las plantas madres con las características adecuadas. El corte de las estacas se realizó en primeras horas de la mañana entre 6:00 y 9:00 a.m., para esta recolección, se tomó en cuenta que sean

ramas terminales y transversales sombreadas, que no presenten lesiones y enfermedades ni sobresalgan de las demás (*Fotografía 3*).

El número de hojas por cada estaca fue de 6 (6 yemas axilares) , con un tallo por debajo de 5 cm. el largo aproximado de la estaca, entre 25 y 30 cm. Se cortaron las hojas a un 50 % del área foliar para reducir la evapotranspiración, al trasladarlos a los propagadores y manipularlos



**Fotografía 3.** Distintos cortes de estacas para propagación.



**Fotografía 4.** Brote nuevo de estaca prendida

### **Preparación de soluciones fitohormonales biológicas**

La preparación de las soluciones fitohormonales se realizó de acuerdo a las indicaciones comerciales del fabricante, Bayer IG Farbenindustrie., de la siguiente manera:

Para preparar 100 cc de solución.

- a) ROOTHOR**
- |                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Ácido Alfa-Naftalenacetico..... | 0,40 % |
| Ácido Indol 3 Butirico.....     | 0,10 % |

Se disolvió **2,5 mililitros** de **ROOTHOR**, para 100 cc. de agua destilada.

- b) ROOTONE**
- |                            |        |
|----------------------------|--------|
| Acido Naftalenacetico..... | 0,20 % |
| Acido Indolbutirico.....   | 4,04 % |

De estas concentraciones se debe preparar **3,3 gramos** de **ROTONE**, en 100 cc. de agua destilada para tener una concentración de 2,5 %

<b>c) BIOZIME *TF</b>	Acido indolacetico.....	4,20 %
	Acido giberelico.....	4,20 %

Se disuelve **22,5 cc** de **BIOZIME \*TF**, para cada 100cc. de Agua destilada.

### **Preparado de bolsas para plantado**

El sustrato mezclado se introdujo en bolsas negras de polietileno de 15 x 25 cm perforadas en la parte inferior dejando en la parte superior un espacio de 5 cm. donde se adiciono aserrín descompuesto esto facilitar el enraizamiento en la primera etapa y retener mayor humedad creando condiciones adecuadas para el plantado de las estacas de álamo.

### **Plantado de estacas**

El plantado se realizó en fecha 2 de marzo del 2003, Y para que las estacas estimulen el enraizamiento se hizo un corte en la base, debajo del sitio donde estaba la hoja. Las estacas se sumergieron inmediatamente en soluciones fitohormonales por 10 segundos (solo la parte basal) para inmediatamente plantarlas. Las estacas ya tratadas así se introdujeron en el sustrato a una profundidad de 4 cm. y levemente inclinados para evitar el auto-sombreamiento, siguiendo el croquis estructurado de las combinaciones y distribución de cada tratamiento. Una vez terminado el plantado de las estacas se cubrió con polietileno (*Fotografía 1*).

### **Labores culturales**

**- Riego**

Esta labor fue la más importante, las estacas en el tiempo de enraizamiento requieren un riego a niebla constante que ayude a disponer de una humedad saturada hasta un 99 %, para mantener turgentes las células de los tejidos foliares. En esta primera etapa de enraizamiento fue necesario 30 días de riego constante, dependiendo de las condiciones climáticas de la zona.

En la segunda etapa de aclimatación fuera de las cámaras de enraizamiento, los plantines ya enraizados requirieron un riego normal intercalado cada cinco días por un periodo de 90 días, tiempo en el cual el plantín está listo para la plantación definitiva, dependió también de las condiciones climáticas de la zona.

#### **- Control fitosanitario en el vivero.**

Dadas las normas de producción de plantines por medio de estacas que se maneja en vivero de especies forestales, se procurara no utilizar productos químicos contaminantes, excepto productos a base de cobre con la respectiva autorización y permitidos por las normas de producción biológica.

Para prevenir enfermedades fungosas, se aplicó aspersiones quincenales de funguicida cúprico durante los 120 días de periodo en vivero, utilizando; *Cupravit* (*Oxicloruro de cobre*), polvo mojable de amplio espectro de acción. La dosis utilizada de este producto fue 50 gr/20 litros de agua, mezclado con insecticida piretroide; *Jabonchinche* (*Aceite comestible + alcohol + hidróxido de potasio*), cuya dosis fue de 250 cc/20 litros de agua, que además sirve como adherente mezclado con funguicida cúprico.

Para reducir el ataque de enfermedades y plagas se controló mediante:

- Podas fitosanitarias de hojas afectadas.
- Regulación de la sombra.
- Recolección de partes enfermas de las planta y eliminación posterior.
- Recolección de larvas de lepidópteros y otros insectos perjudiciales.

#### **3.4.4 Mediciones y observaciones**

La medición para la variable porcentaje de prendimiento, se realizó en espacios de cada 15 días desde la plantación de estacas, hasta antes de la plantación definitiva (120 días), teniendo un total de 8 mediciones, las demás variables de respuesta se empezó a evaluar después de las primeras brotaciones de las estacas, cada 15 días, teniendo un total de 5 mediciones.

#### **Período de aclimatación**

Cuando las estacas enraízan (*Fotografía 5*), lo que ocurre a los 30 a 35 días, para sacarlas de los propagadores, se las aclimató progresivamente, para exponerlas a las nuevas condiciones; esta aclimatación duró una semana, fue en el mismo propagador, despejando progresivamente la cobertura de polietileno que cubre las cámaras de enraizamiento. Empezando este proceso con 2 horas hasta completar 12 horas por día, posteriormente se dejó completamente expuestas a las condiciones del medio natural.

También se elevó la semi sombra de caña huecas de 1.5 metros a 2 metros de altura, en este período de aclimatación se ralea progresivamente la sombra artificial hasta dejar las plantas adaptadas al medio donde se plantarán definitivamente.

#### **3.4.5. Variables de respuesta**

Los parámetros de evaluación que se midieron durante el desarrollo del experimento fueron:

##### **- Porcentaje de prendimiento de estacas.**

Se cuentan todas las plantas vivas, es un indicador de brotación de las raíces y la

estaca sigue turgente, se llenan los datos en la planilla de registro, se determina el porcentaje de plantas vivas por tratamiento, hasta que no exista variación entre mediciones, y se tenga un porcentaje de prendimiento definitivo.

#### **- Días a la brotación**

Se toma en cuenta el tiempo transcurrido desde el primer día del plantado de las estacas, hasta que el 50 % o más de las estacas esten prendidas y hayan emitido sus primeros brotes, este es el punto de partida para comenzar las siguientes evaluaciones hasta que el 100 % de las estacas prendidas hayan emitido sus brotes.

#### **- Diámetro del tallo y altura de brotación**

Se comienza la evaluación cuando el tallo de la brotación se pueda medir. se realizo un seguimiento minucioso del crecimiento del brote predominante y diámetro del tallo, registrado en planillas (expresado en cm) hasta que la planta esté en condiciones de ser plantada definitivamente en campo.

#### **- Número de hojas del brote**

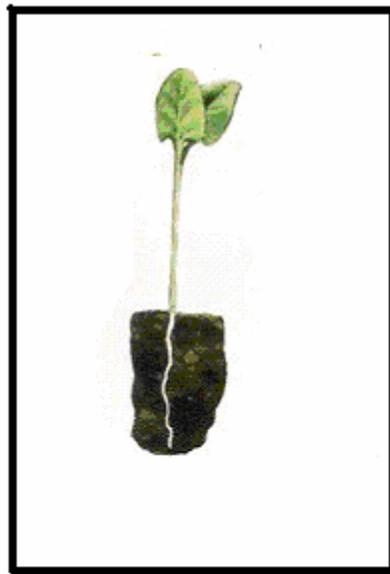
Se evalúa después de las primeras brotaciones, donde se puedan diferenciar las hojas completas y ser contadas. Se cuenta todas las hojas nuevas de cada brote. registrando también las plantas prendidas que no tienen hojas, registrándose "sin hojas pero con brote".

#### **- índice de Área Foliar**

Se mide toda el área foliar de cada planta de manera minuciosa y con cuidado de no maltratar las hojas. para esta operación se utiliza papel milimetrado, se mide el área foliar por unidad de área del terreno, donde se halla ubicada cada planta. en este caso fue en macetas y la superficie del suelo es constante, todos los datos obtenidos se lo calculo con la siguiente formula:

$$\text{IAF} = \frac{\text{Area foliar por planta}}{\text{Area del suelo por planta}}$$

El índice de área foliar IAF describe la dimensión del sistema fotosintético de la comunidad vegetal en algunos casos, en que otras partes de la planta, aparte de las hojas. contribuyen de manera sustancial para la fotosíntesis, como tallos, pecíolos, bracteas y otros. (Rodríguez, 1991).



**Fotografía 5. Estaca de álamo enraizada**



**Fotografía 6. Estaca lista para transplante a campo definitivo**

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSION**

Los resultados obtenidos de las variables evaluadas en la presente investigación, referida al comportamiento agronómico en la etapa de vivero de estacas de cacao hasta antes de la plantación definitiva, tratadas con fitohormonas comerciales específicas, fueron:

##### **4.1. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO**

La primera evaluación de plantas prendidas se realizó a los 27 días después del plantado, observándose que en las estacas ya existía la emisión de raíces en las tres especies (*Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus balsamifera*), sin embargo en esta primera medición los datos registrados (*Cuadro 4*) muestra que, el mejor prendimiento tuvo fue la especie *Populus alba*, con tratamiento de fitohormona ROOTHOR (A1 B1) y también la especie *Populus nigra*, con los tratamientos de fitohormonas ROOTHOR y ROOTONE (A1 B3, A2B3), teniendo ambos un porcentaje de prendimiento del 100 %

en primera medición, esto concuerda con lo citado por Barros (1981), el periodo comprendido desde que las estacas son puestas a enraizar hasta la emisión de las raíces en condiciones adecuadas, comienza a los 25 días.

Cabe recalcar que la nueva planta propagada por estacas tiene que pasar por dos etapas de aclimatación y en cada periodo existió bajas. Cuando no hubo variación entre toma de datos, se asumió el porcentaje de prendimiento final, esto ocurrió a partir de la quinta medición es decir 88 días después de plantado cuyos datos finales muestra el (*Cuadro 4*)

También muestra los tratamientos que mejor porcentaje de prendimiento tuvieron a la última evaluación fueron, A1 B3 , A2 B3. I A1 B1 Y A2 B1 con prendimientos superiores al 70 %, estos porcentajes se pueden dar por satisfactorios, los demás tratamientos de porcentajes aceptables son de hasta el 50 % de prendimiento.

Los tratamientos que están por debajo del 50 % de prendimiento, A 1 B 2, A 2 B 2 y A 3 B 2, se observa que el bajo porcentaje de prendimiento se debe, no a la fitohormona sino mas bien a la especie *P. nigra* (B2), dadas las características de este clon, es una variedad muy delicada a las condiciones adversas del medio, se puede afirmar que no son recomendables propagarlos por esta vía. Wood (1982) menciona que, los clones buenos se comportan mejor como estacas, mientras que los malos pueden dar mejores resultados produciéndolos por acodos.

De acuerdo con el (*Cuadro 5*) el análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento se observa que no se registran diferencias significativas entre bloques es decir que, la cantidad de plantas prendidas en los cuatro bloques fueron similares.

Existen diferencias estadísticas altamente significativas a un nivel de significancia del 0.01 % entre las tres fitohormonas, lo que significa que no todas las fitohormonas

tuvieron el mismo resultado, también se presentan diferencias significativas entre las tres variedades, entonces el porcentaje de prendimiento entre variedades es distinto. Véase prueba de Duncan para fitohormonas y variedades *Cuadro 6*.

Estadísticamente se presenta efectos de las fitohormonas en las especies de alamo, el Coeficiente de variación 4,23 % expresa confiabilidad en los datos tomados.

**Cuadro 6. Comparación de medias para el porcentaje de prendimiento para Fitohormonas y especies de alamo.**

<b>Duncan (<math>\alpha = 0,05\%</math>)</b>	<b>Media (porcentaje prendimiento)</b>	<b>Fitohormonas</b>	<b>Especies</b>
<b>A</b>	<b>64,083</b>	<b>Roothor</b>	
<b>A</b>	<b>63,916</b>	<b>Rootone</b>	
<b>B</b>	<b>44,75</b>	<b>Biozyme *Tf</b>	
<b>A</b>	<b>67,167</b>		<b><i>P. balsamifera</i></b>
<b>A</b>	<b>65,000</b>		<b><i>P. alba</i></b>
<b>B</b>	<b>40,583</b>		<b><i>P. nigra</i></b>

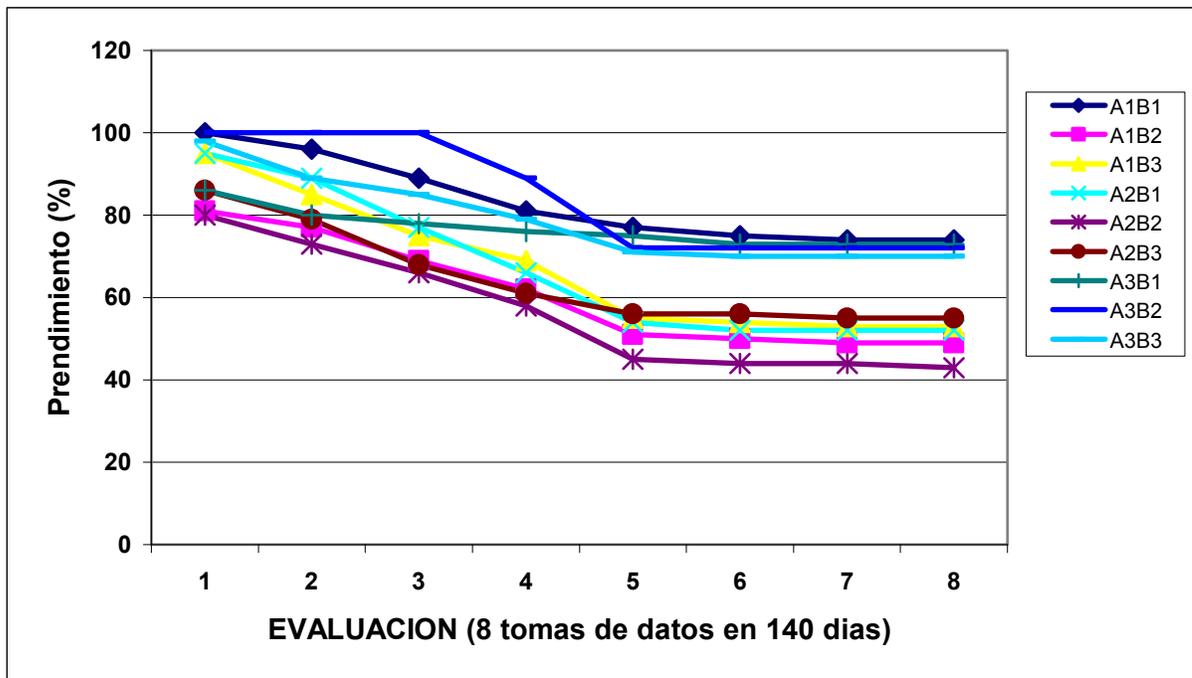
La Prueba Duncan para fitohormonas en el cuadro anterior aclara las diferencias entre las fitohormonas, muestra que el empleo de las fitohormonas Roothor y Rootone, expresan el mayor porcentaje de prendimiento sin diferencia entre ellas a un nivel de significancia del 0.05 %, ambas significativamente superiores a la fitohormona Biozyme

\*TF, que registra el menor promedio de prendimiento 44,75%.

La similitud en el porcentaje de prendimiento de las fitohormonas Roothor y Rootone, se debe al ingrediente activo de ambos compuestos, ácido indolbutírico y ácido naftalenacético ambos de origen auxínico (promueven el desarrollo de raíz), diferenciándose de cada producto comercial solo en porcentaje de ingrediente activo, como se aprecia en el *cuadro 2*. Composición de las fitohormonas específicas.

Para el caso de la fitohormona comercial Biozyme\**Tf*, que tiene los más bajos porcentajes de prendimiento esto se debió a que en su composición de ingrediente activo presenta un 50 % de ácido giberélico (promueve el desarrollo foliar) y presenta solo un 50 % de Ácido Indolacético, este último de origen auxínico (promueve el desarrollo de raíces *Cuadro 2.*, esto hace suponer que los componentes de origen giberélico en este tipo de plantas actúan produciendo el alargamiento del tallo, y la división celular con mayor actividad en el follaje

**Figura 5. Porcentaje de prendimiento durante el experimento.**



**REFERENCIAS:**

FITOHORMONAS	ESPECIES DE ALAMO
--------------	-------------------

A1 = Roothor	B1 = <i>P. alba</i>
A2 = Roothone	B2 = <i>P. nigra</i>
A3 = Biozyme *Tf	B3 = <i>P. balsamifera</i>

El prendimiento de las estacas duro un periodo 103 días, en el cual algunas estacas no enraizaron y el porcentaje de prendimiento, bajo paulatinamente hasta llegar a estabilizarse a partir de la quinta medición a la ultima, no se registro mas bajas de los plantines y la curva se mantiene constante (*Figura 4*).

La figura también nos muestra, el prendimiento de las estacas por tratamiento de las cuatro repeticiones, en la cual se puede apreciar claramente que los mejores tratamientos han sido A1B1 , A1B3 . A2B1 Y A2B3; con mas del 70 % de prendimiento, los demás tratamientos presentaron menores prendimientos.

No se puede decir que los factores hormonales del desarrollo sean los mismos para el sistema radical, las giberelinas son necesarias para el desarrollo de los meristemas apicales de la planta, en cambio parece ser un factor negativo en el desarrollo de las raíces (Rojas y Ramírez 1991),. Esta aseveración es confirmada con el estudio realizado, ya que se utilizó también fitohormonas de origen giberélico no teniendo el mismo resultado que las fitohormonas de origen auxínico, tal es el caso que con la utilización de la fitohormona Biozyme Tf. se tuvo los registros mas bajos en el porcentaje de prendimiento.

Para especies en el prendimiento, (*Cuadro 6*) la prueba Duncan de medias, muestra que en los clones *P. balsamifera* y *P. alba*, tienen mayor porcentaje de estacas prendidas, significativamente superiores al *P. nigra* un bajo porcentaje de prendimiento 40.58 % ver también *Cuadro 4*.

Suárez, C (1984) señala que los clones *P. balsamifera* y *P. alba*, son las mas resistentes en cuanto a variedad y ataque de plagas, el clon *P. nigra* , es muy susceptible al ataque de enfermedades y cambios bruscos en la temperatura, delicada a la vez en el manejo, no solo por esta vía de propagación por estacas, sino también por la vía injerto, con registros inferiores en prendimiento en yema en comparación a

otros clones de buena producción, en la región el experimento presento datos que concuerdan con la anterior mención y según comentarios de los comunitarios de Araca esto también es cierto.

Con la propagación por estacas del clon *P. nigra*, se quiso rebatir este dato de bajo prendimiento en yema por vía injerto, pero se comprueba que es similar, entonces debe a la especie y no así a la técnica de propagación.

Si bien el porcentaje de prendimiento, fue la variable de estudio mas importante, es necesario mencionar el por que, de la bajada en la curva (*figura 4*), hasta que se

estabiliza a los 75 días (5ta. Medición), posiblemente se deba a: que en la recolección de estacas no se tomo en cuenta la edad del árbol madre, no se pudo mantener constante la humedad al 99 % que mantienen turgentes las células de los tejidos foliares, el ataque de plagas y enfermedades, las características de cada variedad adaptadas a la región, todos estos factores incidieron en el porcentaje de prendimiento, considerando a los mejores tratamientos los que sobrepasaron o igualaron el 70 % de prendimiento.

Estos resultados confirman lo citado por Braudeau (1970), subsiste siempre un porcentaje de pérdidas relativamente elevado desde el momento en que la estaca se pone en el propagador hasta el momento en que pueda plantarse. A pesar de ello las pérdidas totales no deben sobrepasar el 50 % Y se puede dar por satisfactorio un índice de prendimiento del 70 %.

#### **4.2. Características Fonológicas**

Si bien el árbol de álamo tiene una vida perenne, y se puede prolongar hasta un promedio de 60 años, cuando las condiciones son apropiadas, el arbolito en su vida juvenil de vivero, que es aproximadamente cinco meses hasta que este listo para transplantarlo al campo (Barros 1981). El periodo de evaluación comprende el comportamiento agronómico de estacas enraizadas de álamo, datos fonológicos en

la etapa de vivero o periodo juvenil del arbolito.

#### 4.2.1. Días a la brotación

Se tomaron en cuenta los días transcurridos desde la plantación hasta el momento en que mas del 50 % de las estacas, iniciaron el brote de sus yemas, la primera evaluación se realizo a los 14 días después del plantado de estacas. Para que no exista diferencia en la utilización de estacas de ramas ortotrópicas o plagiotrópicas, se seleccionaron ramas solo de crecimiento plagiotrópico en árboles de similar edad.

En los nueve tratamientos la variación fue leve, las estacas de alamo emergieron con sus primeros brotes entre 14 y 17 días, el tratamiento mas precoz fue el A1 B3 donde mas del 50% emergieron a los 14 días, y el que mas tardo fue el tratamiento A3 B1, que tardo 17 días. Los datos obtenidos son promedios de días a la brotación (vease Cuadro 4).

Según el Cuadro 5, el análisis de varianza, no se registran diferencias significativas entre bloques, para el factor fitohormonas existen diferencias altamente significativas al 1 %. En cuanto a los días de brotación. En el factor especies existe también diferencias altamente significativas.

La interacción entre el Factor A y el Factor B (Fitohormonas x Especies) presenta una diferencia altamente significativa a un nivel de significancia del 1% por lo que se puede inferir que estos factores determinan la precocidad de las brotaciones nuevas. Un bajo coeficiente de variación (CV) de 2,95 % nos da la confiabilidad adecuada de los datos

**Cuadro 7. Comparación de medias para dias a la brotación  
Para fitohormonas y especies.**

Duncan	Media	Fitohormonas	Especies
$\alpha = 0,05 \%$	(Dias de la brotacion)		

<b>A</b>	<b>15,75</b>	<b>Biozyme *Tf</b>
<b>B</b>	<b>15,25</b>	<b>Rootone</b>
<b>C</b>	<b>14,75</b>	<b>Roothor</b>
<b>A</b>	<b>16.25</b>	<i>P. alba</i>
<b>B</b>	<b>14,75</b>	<i>P. nigra</i>
<b>B</b>	<b>14,75</b>	<i>P. balsamifera</i>

Según el cuadro que antecede la prueba (Duncan  $\alpha = 0.05$  %) para fitohormonas a los días de brotación, expresa que son estadísticamente diferentes, cada fitohormona se comporta diferente, siendo el mejor el Roothor con una media de 14.75 días, seguido por Rootone con 15.25 días y finalmente Biozyme con 15.75 días, siendo este último el que mayor tiempo en días requirió para la brotación.

Del análisis de esta prueba de significancia muestra que, con la utilización de las tres fitohormonas comerciales, tienen variación en cuanto a la emisión de brotes distintos uno del otro, a criterio personal no muy distintos por que la diferencia a lo mucho es un día, esto se debe a que el tipo de producto es específico, son complejos hormonales, estimulación de desarrollo y enraizamiento como se aprecia en el (Cuadro 1)

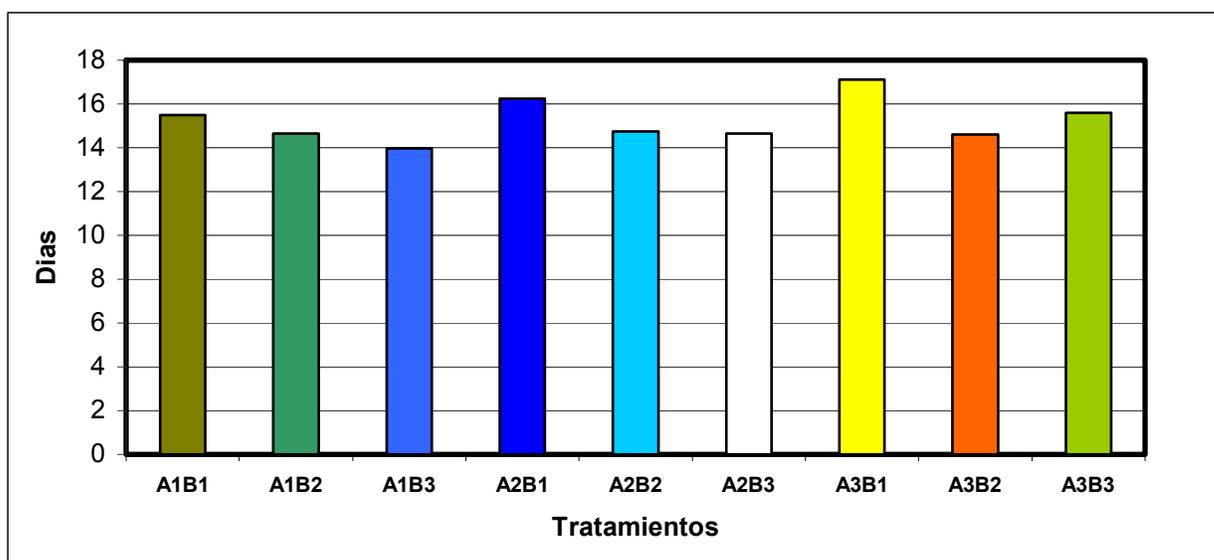
Si bien la fitohormona Biozyme Tf, de ingredientes activos de origen giberélico, (que promueven el desarrollo foliar, en este caso particular se observa que no influye en los días a la brotación más bien tarde más tiempo la estaca en emitir los brotes con la utilización de esta fitohormona comercial.

En el Cuadro 7, haciendo una comparación de medias de las variedades a los días de brotación, la prueba de Duncan muestra que las especies más precoces fueron; *P. nigra* y *P. balsamifera*, con una media de 14.75 días para ambos casos, por último se encuentra el clon *P. alba* que registra mayor número de días a la brotación.

Los clones *P. nigra* y *P. balsamifera*, fueron similares al emitir sus brotes, diferentes

al clon *P. alba*, que tardó más en brotar, esto hace sospechar que se deba a la especie, a el estado fisiológico de la estaca al recolectarlo, al número de yemas, a la adecuada combinación del tratamiento fitohormona especie, este estudio requerirá de un análisis cualitativo celular y anatómico para aseverar lo contrario.

**FIGURA 6. Numero de días a la brotación por tratamientos.**



**REFERENCIAS:**

FITOHORMAS (A)	ESPECIES DE ALAMO (B)
A1 = Roothor	B1 = <i>P. alba</i>
A2 = Rootone	B2 = <i>P. nigra</i>
A3 = Biozyme*Tf	B3 = <i>P. balsamifera</i>

La *Figura 5.* que antecede muestra los tratamientos A3B1 tardan mas días en emitir sus brotes; el tratamiento que mostró resultados preces fue A1B3 seguido por los demás, comparando con el porcentaje de prendimiento, las estacas que primero emitieron sus brotes tienen mayor porcentaje de prendimiento, el caso de las especies B3 y B1 tuvieron registros mayores en el prendimiento final y en la precocidad de la emisión de brotes.

Se puede suponer que cuando las estacas ya emitieron sus primeros brotes se garantiza el enraizamiento y se mantiene turgente la estaca, debido a que las auxinas y las giberelinas están actuando en la formación de raíces y hojas, en promedio general así fue, pero también existen bajas con brotes e incluso con hojas debido a las características de la especie y tolerancia a cambios de temperatura en el periodo de aclimatación.

Esto es confirmada con lo demostrado por Van Der Lek (1925) citado por Hartmann y Kester (1986), que las yemas promueven el desarrollo de las raíces justo debajo de las yemas de estacas, supuso que las yemas en desarrollo formaban sustancias semejantes a hormonas y que eran transportadas a través del floema a la base de la estaca, donde estimulaban la formación de raíces.

Hernández (1983) indica que, la reproducción asexual, vegetativa o agámica se debe no solo a la totipotencia de las células vegetales sino a la existencia y producción de hormonas vegetales de tejidos meristemáticos como los que existen en las yemas y entrenudos de las plantas.

Tapia (1990), menciona que especies como el *pópulos alba* que tienen características morfológicas de grandes volúmenes de biomasa en sus ramas es prueba indirecta de su gran potencialidad para ser utilizado como especie de producción de plantas..

#### **4.2.2. Crecimiento diámetro brote principal.**

Las estacas cortadas de árboles sin brotación de yemas foliares, se enraízan mejor y con mayor rapidez que aquellas de árboles que estén en plena brotación (Enríquez, 1985). Para este experimento se selecciono estacas que fueron cortadas sin brotes, que una vez prendidas comenzaron a emitir sus brotes, de los cuales se midió el diámetro y altura del brote principal, realizando un seguimiento minucioso del crecimiento a cinco mediciones (*Figura 6*) del brote principal, cuyos resultados son los siguientes:

El ANVA del *Cuadro 5* nos muestra que no existe diferencias significativas entre

bloques, pero si existen diferencias altamente significativas a un nivel de significancia del 0.01 % entre el factor A (Fitohormonas), es así que cada fitohormona tiene comportamiento distinto en cuanto al crecimiento.

Igualmente existen diferencias altamente significativas entre los niveles de Factor B (especies). Estadísticamente se presenta efectos del factor A en el factor B, se tiene diferencias altamente significativas de fitohormonas en las especies. véase (Cuadro 8)

El coeficiente de variación para esta variable se encuentra en el rango deseable 2.33 %, este valor nos da la precisión de los datos tomados

**Cuadro 8. Comparación de medias para diámetro del brote principal  
Para fitohormonas y especies.**

<b>Duncan</b> <b>α = 0,05 %</b>	<b>Media</b> <b>(Diámetro en cm.)</b>	<b>Fitohormonas</b>	<b>Especies</b>
A	0,383333	Rootone	
B	0,368333	Biozyme *Tf	
B	0,367500	Roothor	
A	0,397500		<i>P. nigra</i>
A	0,394167		<i>P. alba</i>
B	0,327500		<i>P. balsamifera</i>

La prueba de significancia, comparación de medias para fitohormonas Cuadro 8. muestra que, con el uso de la fitohormona Rootone el diámetro de brote alcanza a 0,38 cm. estadísticamente superior a un nivel de significancia del 0,05 %, de las fitohormonas Biozyme \*Tf y Roothor que registran un diámetro de brote menor.

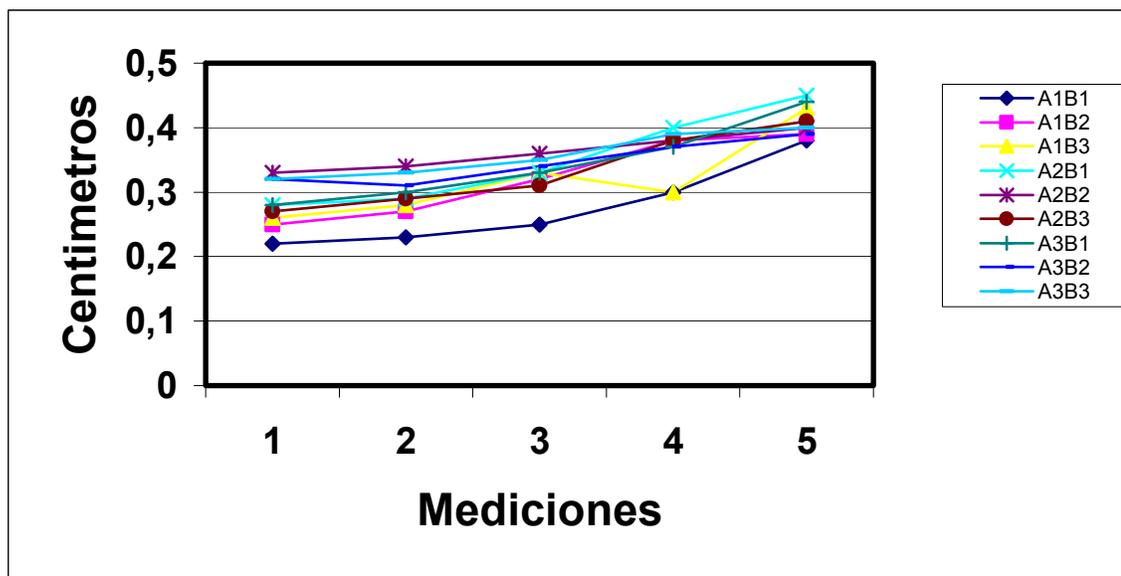
Si bien el diámetro de brote, se debe a la especie con la cual se trabajo por sus caracteres morfológicos, no se encuentra una relación con las fitohormonas que se

empleo estas características requerirán un estudio anatómico de la relación fitohormona especie para suponer o afirmar lo que se expresa en el cuadro.

Para las variedades, el Cuadro 8. que antecede muestra, el análisis de significancia de Duncan, se evidencia que son dos clones (especies) superiores, el P. nigra y P. alba, con una media de diámetro superiores, al P. balsamifera esta ultima significativamente inferior en diámetro de 0,32 cm.

Los clones P. nigra y P. alba, presentan características morfológicas de mayor grosor en los tallos de brote y la composición de la planta mas vigorosa, en comparación al clon P. balsamifera que es mas delgada en la estructura de sus ramas y brotes, estas características son las que justifican el cuadro anterior, la diferencia en diámetro del brote principal se debe a la variedad.

Figura 7. Seguimiento del diámetro del brote principal.



REFERENCIAS:

FITOHORMAS (A)	ESPECIES DE ALAMO (B)
A1 = Roothor	B1 = <i>P. alba</i>
A2 = Rootone	B2 = <i>P. nigra</i>

A3 = Biozyme*Tf
-----------------

B3 = <i>P. balsamifera</i>
----------------------------

Del análisis de la Figura 6. se nota que, el clon *P. alba* tubo mayor diámetro, seguido por el clon *P. nigra*, y el que menor diámetro tuvo fue el clon *P. balsamifera*, de este análisis se puede afirmar que por las característica de las especies de vigor y desarrollo son normales ya que el clon *P. balsamifera*, tiene características de tallos delgados y los clones de *P. nigra* y *P. alba* presentan tallos mas vigorosos, entonces la variación de diámetro de tallo del brote se debe a las características de cada clon.

Hartmann y Kester (1986) menciona que, el crecimiento de las plántulas vigorosas y el aspecto de las mismas, el vigor de las plantas son importantes de la calidad pero pueden ser algo difíciles de medir.

Tapia, R. (1990), indica que actualmente la propagación de plantines de álamo es proporcional a la cantidad de material utilizado siendo el que las mejores características como fuente de biomasa se establece el *P. alba*, por ser una especie que generalmente presenta mayor indice foliar por metro cuadrado en bosques naturales.

Barros, O. (1981) señala que, el *P. alba* es una especie que por su frondosidad en biomasa su tronco presenta un diámetro fácilmente mayor al de muchos otros álamos en un mismo tiempo lo cual es directamente proporcional en desarrollo radicular por lo que se puede mencionar que goza de la cualidad de rápido y vigoroso enraizamiento en tiempos cortos.

#### **4.2.3. Altura del brote principal.**

Para la variable ABP, se realizo un seguimiento de cinco mediciones cada 15 días después que la estaca enraizada emitió sus brotes (Cuadro 10), de los cuales se tienen los siguientes resultados:

El ANVA Cuadro 5. nos muestra resultados no significativos entre bloques, altamente significativos entre tratamientos entre fitohormonas y entre variedades (Factor A y Factor B) a un nivel de significancia del 0,01 %. Estadísticamente se presentan efectos de la fitohormona se tiene diferencias altamente significativas en el efecto de las fitohormonas en las especies.

La prueba de análisis de medias Duncan, para el comportamiento de fitohormonas Cuadro 9. muestra que, dos tipos de fitohormonas son mejores a la ultima medicion, Biozyme \*Tf y Rootone, sobre Roothor, esta ultima con diferencias significativas inferior a las dos primeras

**Cuadro 9. Comparación de medias para altura del brote principal  
Para fitohormonas y especies.**

<b>Duncan</b> <b>α = 0,05 %</b>	<b>Media</b> <b>(Altura en cm.)</b>	<b>Fitohormonas</b>	<b>Especies</b>
<b>A</b>	<b>7,7750</b>	<b>Biozyme *Tf</b>	
<b>A</b>	<b>7,5750</b>	<b>Rootone</b>	
<b>B</b>	<b>6,2583</b>	<b>Roothor</b>	
<b>A</b>	<b>8,3167</b>		<b><i>Populus nigra</i></b>
<b>B</b>	<b>7,3667</b>		<b><i>Populus alba</i></b>
<b>C</b>	<b>5,9250</b>		<b><i>Populus balsamifera</i></b>

Esto se debe a que, la fitohormona Biozyme\* Tf. tiene ingredientes activos en base de auxinas y giberelinas esta última estimula el desarrollo foliar, esto aclara por que, con la utilización de esta fitohormona el crecimiento de la planta es superior a las demás, con la fitohormona Rootone alcanza medias similares a la anterior, se puede justificar a la cantidad de ingrediente activo NAA e IBA superiores a la fitohormona Roothor como se aprecia en el (Cuadro 2) composición de las fitohormonas específicas.

En cambio los resultados para los nueve tratamientos del comportamiento de clones

(especies), la prueba de Duncan nos muestra diferencias significativas para cada especie, son estadísticamente diferentes (*Cuadro 9*) siendo el clon *P. nigra* que en promedio alcanzo la mayor altura 8.32 cm significativamente superior, a el clon *P. alba*, con 7.37 cm. y este superior a el clon *P. balsamifera* con 5.92 cm. este ultimo con menor desarrollo.

Hartmann y Kester (1986) donde mencionan que la posibilidad de que las diferentes concentraciones de auxinas y giberelinas de estimuladores de crecimiento puedan explicar, y en parte, las características del control de tamaño de la planta. Estas diferencias entre variedades hace suponer que se deba a las características morfológicas y fisiológicas de cada especie, también a la combinación de tratamientos con las fitohormonas biológicas que inciden en el desarrollo y crecimiento de la planta esta suposición coincide con lo citado.

**Cuadro 10. Seguimiento de altura (5 mediciones promedios de cuatro Bloques del brote principal) expresados en centímetros.**

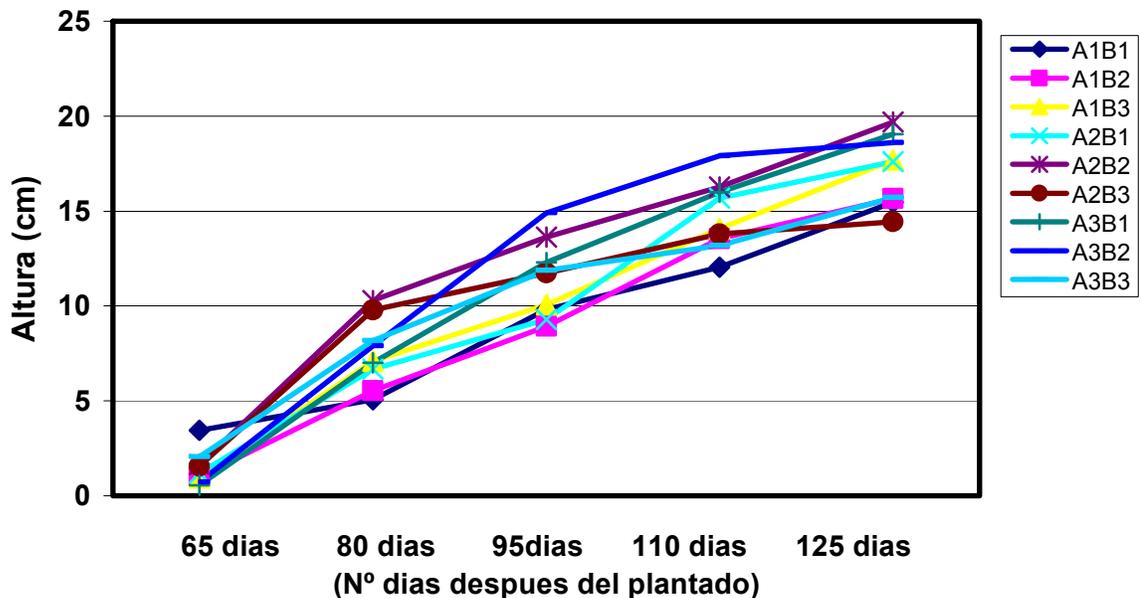
Medición (cada 15 días)	TRATAMIENTOS								
	A1B1	A1B2	A1B3	A2B1	A2B2	A2B3	A3B1	A3B2	A3B3
1 ra.	3.43	1.00	0,95	1,2	1,63	1,57	0,55	0,71	2,05
2 da.	5,05	5,53	7,08	6,68	10,28	9,78	7,0	7,9	8,18
3 ra	9,83	8,93	10,08	9,3	13,63	11,73	12,30	14,90	11,88
4 ta.	12,05	13,53	14,08	15,68	16,28	13,78	16,0	17,9	13,18
5 ta.	15,45	15,65	17,68	17,6	19,7	14,43	19,05	18,6	15,7

El *Cuadro 10.* muestran el seguimiento del crecimiento en altura del brote principal, en la cual se puede evidenciar que en la primera medición no hubo mucha diferencia pero la segunda medición los tratamientos A1B2, A3B1, A3B2 en particular mostraron un desarrollo rápido en comparación con los demás tratamientos, efecto que se puede

justificar por los cambios climáticos que incidieron en el proceso de crecimiento de los brotes. Ver también (Figura 7).

Rodríguez, M. (1991) menciona que, las actividades vitales de una planta están determinadas por los factores del medio ambiente y por la herencia que actúan siempre en conjunto, actividades fisiológicas que son determinantes en la adaptación de una especie en particular. Tal afirmación se evidencia ya que los clones P: balsamifera y P. alba se adaptaron muy bien en la región de la experimentación y son resistentes a los cambios bruscos de clima, en comparación al clon P. nigra que es muy susceptible a los cambios climatológicos.

**Figura 8. Desarrollo del brote principal (Altura) desde la emisión del Brote hasta antes de la plantación definitiva (5 mediciones)**



## REFERENCIAS:

FITOHORMAS (A)	ESPECIES DE ALAMO (B)
A1 = Rootor	B1 = <i>P. alba</i>
A2 = Rootone	B2 = <i>P. nigra</i>
A3 = Biozyme*Tf	B3 = <i>P. balsamifera</i>

Del análisis de la (figura 7) altura del brote y la (Figura4). Porcentaje de prendimiento, no existe ninguna relación ya que la especie *P. nigra* y *P. alba* tuvieron mayores

alturas, y el clon *P. balsamifera* registro menores alturas pero mayor porcentaje de prendimiento, lo mismo sucede con el diámetro de brote (Figura 6), donde el clon *P. balsamifera* registra menor desarrollo pero resulta ser el mejor clon para propagar por estacas enraizadas.

### -Análisis de correlación y regresión de 9 tratamientos (altura vs. diámetro)

Se realizó un análisis de correlación y regresión de las variables, altura de brote principal y diámetro de brote principal, con los datos de la última medición, cuyos resultados con los siguientes:

**Cuadro 11. Resultados de correlación y regresión, altura vs. diámetro  
Del tallo del brote principal de los nueve tratamientos.**

<b>Codigo</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Correlacion ( r )</b>	<b>Regresion ( b )</b>
<b>A1B1</b>	Roothor x <i>P. alba</i>	0,4406 ns	0,0123 cm
<b>A1B2</b>	Roothor x <i>P. nigra</i>	0,9821 **	0,0235 cm
<b>A1B3</b>	Roothor x <i>P. balsamifera</i>	0,5849 **	0,0080 cm
<b>A2B1</b>	Rootone x <i>P. alba</i>	0,7293 **	0,0104 cm
<b>A2B2</b>	Rootone x <i>P. nigra</i>	0,8633 **	0,0053 cm
<b>A2B3</b>	Rootone x <i>P. balsamifera</i>	0,9813 **	0,0141 cm
<b>A3B1</b>	Biozyne *Tf x <i>P. alba</i>	0,9137 **	0,0129 cm
<b>A3B2</b>	Biozyne *Tf x <i>P. nigra</i>	0,2592 ns	0,0027 cm
<b>A3B3</b>	Biozyne *Tf x <i>P. balsamifera</i>	0,0710 ns	0,0006 cm

\*\* Correlación altamente significativa, próximo al valor ( 1 ).

ns Correlación no significativa, próximo al valor ( 0 ).

( b ) Por cada cm. de altura el brote principal, existe un incremento en su diámetro:

#### a) Análisis de correlación ( r ).

Del análisis de correlación altura vs. diámetro del tallo del brote principal ( Cuadro 11)

de los 9 tratamientos 6 resultaron ser altamente significativos “correlaciones positivas” por tener sus valores próximos a +1, estos valores indican que; a medida que van incrementándose en promedio de crecimiento la altura del tallo del brote principal, en forma recíproca también tienden a incrementarse en promedio el crecimiento de su diámetro, los restantes tratamientos . no significativos valores próximos a cero indican que, no existe una relación recíproca directa entre el crecimiento promedio de altura y diámetro del brote principal, es decir cada factor de crecimiento es independiente uno del otro, esta afirmación concuerda con lo citado por Spiegel. (1987) en lo referido al análisis de correlación el crecimiento de altura vs. diámetro.

### **b) Análisis de regresión ( b )**

Para este análisis de regresión complementario al de correlación se utilizaron los datos de la última medición de las variables altura del brote principal y diámetro del brote principal cuyos resultados se observa en el (Cuadro 11).

. De cuya interpretación se concluye lo siguiente; de los tratamientos que mayor incremento tiene en el diámetro por cada cm de altura es el (A1 B2 ) Roothor x *P. nigra* con un 0.0235 cm, seguido por el (A2 B3) Rootone x *P. balsamifera* con 0.0141 cm, (A3 B1) Biozyme x *P. alba* con 0.0129 cm, (A1 B1) Roothor x *P. alba* con 0.0123 cm y (A2 B1) Rootone x *P. alba* con 0.0104 cm.

De los nueve tratamientos 5 son los que han tenido mejores promedios de incremento en diámetro del tallo principal sobre la estaca, por el contrario, el tratamiento (A3 B3) Biozyme \*Tf x *P. balsamifera* registró el mas bajo incremento en el diámetro del tallo.

#### **4.2.4. Número de hojas del brote principal**

Para esta variable. se requirió que en la estaca enraizada con brotes. se pueda diferenciar las hojas para contarlas, la emisión de las primeras hojas ocurrió a los 45 días después de plantadas las estacas. se realizaron 5 evaluaciones durante el experimento, las interpretaciones de los resultados para esta variable son los

siguientes:

El Cuadro 5. análisis de varianza para el número de hojas del brote principal expresa que, no se registran diferencias significativas entre los bloques ni entre el uso de las diferentes fitohormonas comerciales, se podría decir que no hay diferencias en los nueve tratamientos en la emisión de hojas, que las fitohormonas no afectan al desarrollo uniforme de las mismas. Se presentan diferencias significativas entre las especies (clones), ósea que el número de hojas en cada especie es distinto, también se presentan efectos de factor A (Fitohormonales), en el factor B (especies), existiendo diferencias significativas en el efecto de las fitohormonas en las especies de álamo.

**Cuadro 12. Comparación de medias para numero de hojas brote principal para fitohormonas y especies**

<b>Duncan (<math>\alpha = 0,05\%</math>)</b>	<b>Media (Numero de hojas)</b>	<b>Fitohormonas</b>	<b>Especies</b>
<b>A</b>	<b>3,8333</b>	<b>Roothor</b>	
<b>A</b>	<b>7,5000</b>	<b>Rootone</b>	
<b>A</b>	<b>3,6777</b>	<b>Biozyme *Tf</b>	
<b>A</b>	<b>4,0000</b>		<b><i>P. nigra</i></b>
<b>AB</b>	<b>3,9167</b>		<b><i>P. alba</i></b>
<b>B</b>	<b>3,3333</b>		<b><i>P. balsamifera</i></b>

De la prueba de Duncan, análisis de medias para las fitohormonas (Cuadro 12) se puede confirmar que no existen diferencias significativas con el empleo de fitohormonas en el numero de hojas, los resultados son similares en los tres tipos de fitohormonas biológicas; no se registran diferencias significativas a un nivel de significancia del 0.05 %.

Hernández, J. (1983) menciona que, las hojas de cada variedad, al inicio son muy

pigmentadas y su color varia según el clon en la etapa de maduración su tamaño alcanza de 7 a 9 cm. Esto se debe a la fisiología del desarrollo del alamo, cada yema tiene la información genética de un cierto número de hojas similares, en las variedades de estudio, solo varían en la precocidad de emisión de hojas, algunas de estas hojas son mas jóvenes y otras maduras y de mayor tamaño.

Una hoja pequeña joven con todas sus características se contó como unidad de hoja no existiendo diferencias significativas con el empleo de fitohormonas.

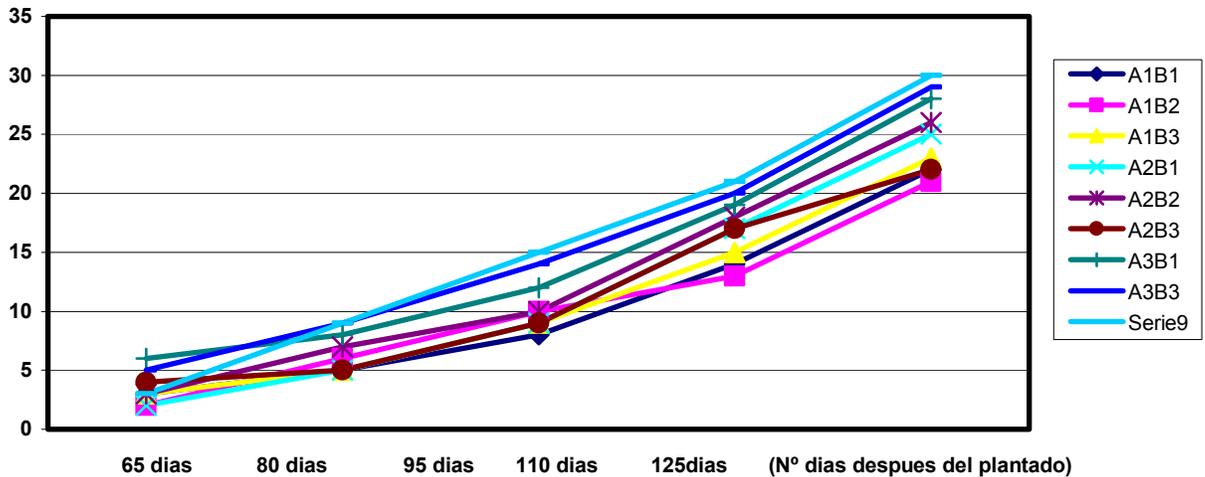
El Cuadro 12 comparación. de medias para especies, también muestra que existen diferencias significativas entre la variedad *P. balsamifera*, respecto a la especie *P. alba*, a la vez no existen diferencias significativas entre los clones *P. balsamifera* y *P. nigra*, y no existen diferencias significativas entre el clon *P. nigra* y el clon *P. alba*, en cuanto al número de hojas.

La planta de álamo presenta un desarrollo en los brotes de cada yema de cuatro hojas promedio, esto confirma los resultados de la media de número de hojas para el clon *P. balsamifera* de 4 hojas y *P. nigra* de 3.91 hojas.

El clon *P. balsamifera* presenta una media de 4 hojas, difiere del clon *P. alba*, que presenta una media de 3.3 hojas, diferencia en aproximadamente 1 hoja, no existiendo diferencias significativas con el clon *P. nigra*, esto hace suponer que la perdida de hojas del clon *P. alba* se debió, al ataque de plagas y al periodo de aclimatación de la planta, donde varias hojas perecieron por efecto de la evapotranspiración.

Además todas las hojas fueron evaluadas y observadas, incluyendo las hojas jóvenes y maduras para la evaluación, registrándose en un máximo de 4 hojas con dimensiones ya señaladas en los mejores tratamientos, el seguimiento dinámico del crecimiento de las mismas se explica en el variable índice de Área Foliar.

**Figura 9. Secuencia del numero de hojas hasta 125 días después del plantado y número de hojas a la 5 ta. medición.**



**REFERENCIAS:**

FITOHORMAS (A)	ESPECIES DE ALAMO (B)
A1 = Roothor	B1 = <i>P. alba</i>
A2 = Rootone	B2 = <i>P. nigra</i>
A3 = Biozyme*Tf	B3 = <i>P. balsamifera</i>

Del análisis de la Figura 9. se nota que, el clon *P. balsamifera alba* tubo mayor diámetro, seguido por el clon *P. nigra*, y el que menor numero de hojas tuvo fue el clon *P. alba*, de este análisis se puede afirmar que por las característica de las especies con mayor numero de hojas son normales ya que el clon *P. balsamifera*, tiene características de gran frondosidad y los clones de *P. nigra* y *P. alba* presentan hojas grandes pero mucho menor en cantidad, entonces la variación del total de hojas características de cada clon.

Tapia, R. (1990), indica que el índice foliar no es proporcional al numero de hojas, la propagación de plantines de álamo muestra que las especies mas promisorias en desarrollo de ramificaciones es generalmente la que mas brotes de hojas presenta en la primera etapa del esqueje como el *P. balsamifera*, *P. alba* por ser una especie que generalmente presenta mayor índice foliar por metro cuadrado en bosques naturales.

Barros, O. (1981) señala que, el *P. alba* es una especie que por su frondosidad en biomasa su tronco presenta un diámetro fácilmente mayor al de muchos otros álamos en un mismo tiempo lo cual es directamente proporcional en desarrollo radicular por lo que se puede mencionar que goza de la cualidad de rápido y vigoroso enraizamiento en tiempos cortos.

#### **4.2.5. Índice de área foliar.**

El I.A.F. es el principal factor para determinar la productividad futura donde se puede relacionar el área foliar y la superficie de suelo ocupada por una planta. (Rodrigues, 1991); este criterio es el que se utilizó y tal es así que se realizó un seguimiento minucioso de cada hoja del brote principal en vivero hasta antes de la plantación definitiva (*Figura 9*).

Para tal fin se realizó 5 mediciones después de emitidas las primeras hojas, cada 15 días hasta el estado de plantación definitiva, de cuyo análisis se llegó a los resultados (*Cuadro 4*).

Los resultados del ANVA Cuadro 5. muestran que no existe diferencias significativas entre los bloques, pero si hay diferencias estadísticas, altamente significativas un nivel de significancia de (0,01 %) entre el empleo de fitohormonas y entre variedades.

Estadísticamente se presentan efectos en la interacción del factor A por el Factor B, se tiene diferencias altamente significativas en los efectos de las fitohormonas en las variedades. El coeficiente de variación 6,93 expresa confiabilidad en los datos registrados de los nueve tratamientos de estudio.

De acuerdo con la prueba de Duncan para fitohormonas (*Cuadro 13*) las medias de todos los tratamientos, las fitohormonas mejores para el desarrollo del I.A.F. son el Rootone y el Biozyme \*Tf con una diferencia significativa ( $\alpha = 0,05$  %) muy superior a la fitohormona Roothor, significando que la mayor cantidad foliar, se registró con las

dos primeras fitohormonas ya mencionadas, un bajo I.A.F. con la fitohormona Roothor.

**Cuadro 13. Comparación de medias para índice de área foliar fitohormonas y especies de álamo.**

Duncan ( $\alpha = 0,05\%$ )	Media	Fitohormonas	Especies de álamo
A	236,517	Rootone	
A	232,708	Biozyme *Tf	
B	170,975	Rothor	
A	263,675		<i>P. nigra</i>
B	230,375		<i>P. alba</i>
C	146,150		<i>P. balsamifera</i>

Esta diferencia de I.A.F. de las dos primeras fitohormonas con la fitohormona Roothor, se debió a que los componentes activos NAA e IBA del Rootone son altos en comparación al Roothor que tiene los mismos pero en menor cantidad (véase cuadro 2), de igual forma la fitohormona Biozyme Tf de ingredientes activos de origen giberélico estimuladores del desarrollo foliar por ende se registro LA.F. altos, con la utilización de esta fitohormona, pero también se pudo deber a las condiciones climáticas en el periodo de aclimatación como es la luz, humedad y sombra que requiere la planta esto es respaldado por: Rodríguez (1991) que dice, un aumento en el I.A.F. proporciona un aumento de la producción de biomasa las actividades vitales de una planta están determinados por el medio ambiente

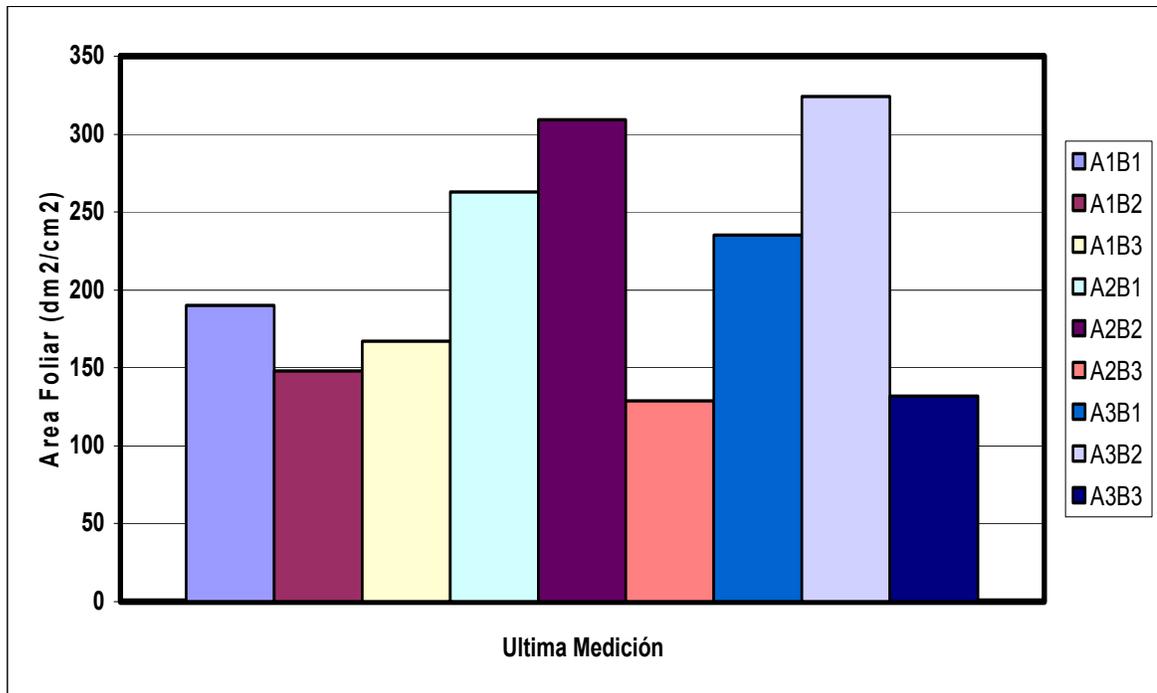
Observando el (Cuadro 13.) prueba de Duncan del análisis de medias para especies de álamo, entre todas las especies existe diferencias estadísticas significativas, ósea que cada especie tiene un distinto I.A.F., la mejor especie fue *P. nigra*, que acumulo

mayor cantidad de biomasa , seguido por *P. alba*, y por ultimo el clon *P. balsamifera*.

Esto se debe a las características morfológicas de cada variedad, tal es así que el clon *P. nigra*, de planta adulta presenta características de hojas grandes y un desarrollo de la planta en general mas voluminosa, el clon *P. alba* de características similares a la anterior con hojas medianas a grandes y por último el clon *P. balsamifera* presenta hojas pequeñas alargadas y un porte mediano del árbol característico de este clon. (véase también el punto 3.3.2. Descripción del material vegetal)

La (Figura 9.) muestra el seguimíento dinámico del crecimiento de la planta en cuanto a follaje I.A. F. en las cinco mediciones presentado la última medición resultados finales de I.A.F. antes de la plantación definitiva de la planta.

**Figura 10. Índice de área foliar promedio por tratamiento a la ultima evaluación.**



**REFERENCIAS:**

FITOHORMAS (A)	ESPECIES DE ALAMO (B)
A1 = Roothor	B1 = <i>P. alba</i>
A2 = Rootone	B2 = <i>P. nigra</i>
A3 = Biozyme*Tf	B3 = <i>P. balsamifera</i>

Suárez, C (1984) señala que los clones *P. balsamifera* y *P. alba*, son especies precoces, las cuales generalmente comparadas con otras especies presentan índices de desarrollo de biomasa, las cuales pueden presentar mayor actividad fotosintética por presentar un área foliar mayor, lo que se torna directamente proporcional es, su tendencia a ser mas proclives al ataque de plagas y enfermedades, la explicación es que cuando una especie se desarrolla rápidamente sus tejidos se encuentran poco protegidos por lignina en sus tejidos.

Se puede dar por cierto la parte teórica, que tiene total concordancia con los resultados obtenidos. Siendo el área foliar, la variable de estudio, es necesario mencionar, la bajada en la curva del área foliar de *P. Alba* en comparación con los datos superiores de *P nigra* y *P balsamifera* siendo estas de una mayor precocidad en

el desarrollo del área de sus hojas según las curvas obtenidas.-

### **4.3. RELACION ENTRE LAS ESPECIES ESTUDIADAS**

#### **4.3.1. Porcentaje de prendimiento y altura de brotación**

Del (*Cuadro 4*) podemos afirmar lo siguiente; no existe relación alguna entre estas dos variedades (*P nigra* y *P balsamifera*) ya que el tratamiento A2B3, registra un alto porcentaje de prendimiento del 74 %, pero los registros mas bajos en altura de brotación 4,43 cm. Este clon *P. balsamifera*, resulto ser el mejor para la propagación por via estacas enraizadas, si se analiza el comportamiento del mismo clon en planta adulta, se afirma que es la mejor adaptada a la zona con altos índices de producción de plantines,, entonces el crecimiento en altura del plantin en la etapa de vivero no es un carácter primordial sobre el prendimiento que seria el mas importante, además en el periodo de desarrollo vegetativo y no es un indicador del desarrollo vegetativo y no es un indicador del desarrollo del árbol ya adulto.

Hernández (1983), sobre el ciclo de crecimiento y desarrollo del álamo dice, que en condiciones convenientes se da lugar a un brote, que crece continuamente hasta transformarse en una planta. Este conjunto de procesos recibe el nombre de crecimiento y desarrollo vegetativo, que puede estar en oposición al proceso y desarrollo de sus semillas o sus formas de propagación vegetativa..

#### **4.3.2. Días a la brotación y porcentaje de prendimiento**

Los resultados nos muestran que existe relación, mientras la planta sea mas rápida en emitir sus brotes, mas bajo prendimiento tendrá, tal es el caso que el tratamiento A2B2 y A3 B2 que se mencionó como claro ejemplo véase (*Cuadro 4.*) pero no es suficiente ver el desarrollo fisiológico de estos dos tratamientos, los registros de los tratamientos A1 B3 y A2 B3, muestran lo contrario, entonces se pude afirmar que estas variaciones dependen de características de la especie, factores ambientales, del tipo de árbol madre de la estaca, (árboles en su plenitud de producción, árboles

demasiado viejos) que son sin duda aspectos importantes que se deben tomar en cuenta.

En el caso de una planta de alamo de sus ramas plagiotrópicas que son ideales para la propagación por estacas y muestra el ritmo de crecimiento cuantitativo de la misma; Hernández (1983) dice, el ritmo de las brotaduras foliares de las ramas, aunque varía según las características intrínsecas del árbol y su edad, depende fundamentalmente de los factores externos, de todos la temperatura es el que más influye.

#### **4.3.3. Altura de brotación e índice de área foliar**

El seguimiento de la altura hasta antes de plantación definitiva (etapa de vivero) muestra que tiene relación con el desarrollo de la planta, variable evaluada como I.A.F., en el que se evidencia a mayor desarrollo del plantín (Altura), mayor índice de área foliar tendrá como se puede apreciar en el (*Cuadro 10. y Figura 9.*) el clon *P. nigra* acumulo sobre las otras, mayor cantidad de biomasa con diferencias significativas sobre los otros dos clones, este mismo clon alcanzó mayor desarrollo en altura en comparación a los demás, pero de manera contradictoria tiene bajo porcentaje de prendimiento, no solo por esta técnica de propagación por estacas.

El crecimiento de la planta en biomasa y altura fueron homogéneos, existiendo diferencias significativas entre tratamientos pero por la similitud del cuidado y la variedad no existe diferencias significativas entre bloques, con lo que podemos confirmar que cada clon tienen características similares en desarrollo, como también las estacas extraídas de un mismo árbol madre, por lo que respaldamos el trabajo mencionado por Hartmann y Kester

Hartmann y Kester (1986). Reporta un trabajo similar donde se evaluó la altura de plantas de alamo menciona que, la homogeneidad del crecimiento de los clones de alamo, con tratamientos similares en el manejo y cuidado dentro del vivero, como riego semi sombra, control fitosanitario etc. Se debe a que el material genéticamente es uniforme y procede de un mismo individuo (clonación).

#### **4.3.4. índice de área foliar y número de hojas del brote**

Los registros de estas dos variables muestran que no existe relación entre el aumento de biomasa medido en el I.A.F. y la cantidad de hojas, tal es el caso de los tratamientos A1 B3 Y A2B3 (*Figura 8*) que presentan mayor número de hojas, pero en la medición de biomasa I.A.F. tienen registros menores (*Figura 9*), lo que indica que se tiene mayor número de hojas pero de área foliar menor y se tiene menor número de hojas, pero de área foliar mayor y de manera contradictoria el tratamiento A3B2 muestra mayor cantidad de hojas y mayor cantidad de biomasa se podría decir que existe relación, pero más bien se prefiere atribuir esta característica a la especie.

#### **4.3.5. Diámetro del tallo y altura de brotación**

De los (*Cuadro 10 y Figura 6*), se realizó un análisis de relación entre el crecimiento de altura y el diámetro del brote principal con los resultados finales (quinta medición), en lo que se concluye que, a medida que se van incrementando en promedio de crecimiento la altura del tallo del brote principal, en forma recíproca también tienden a incrementarse en promedio el crecimiento a su diámetro, de los nueve tratamientos en tres de ellos se registra un diámetro de tallo menor en la especie *P. balsamifera*, si observamos el (*Cuadro 4.*), este clon es de características distintas a los otros dos clones estudiados, es así que para estos tres tratamientos que no incrementaron su diámetro considerablemente, se afirma que existe una relación recíproca directa entre el crecimiento promedio de altura y diámetro del brote principal, es decir que cada tratamiento y cada factor es independiente uno del otro, concordando exactamente con Spiegel (1987), en lo referido al análisis de correlación en el crecimiento de altura vs. diámetro del tallo.

#### **.4.4. ANALISIS ECONOMICO**

El presente análisis económico se realizó bajo dos fines importantes, primero saber cual de los nueve tratamientos estudiados, es económicamente rentable y segundo para determinar la viabilidad y rentabilidad de la técnica de propagación por estacas

enraizadas de álamo, de esta manera respaldar el trabajo y recomendar a los agricultores de la zona una alternativa de producción.

La metodología a seguir para determinar la magnitud de los costos y beneficios que pueden implicar hacer un cambio en el sistema de producción, se utilizó la propuesta CYMMYT. (Perrín et al, 1976)

El análisis se efectuó en base a los insumos, costos de mano de obra, fitohormonas biológicas comerciales y costos de comercialización por plantín en maceta, comparando con la técnica tradicional de propagación, se tomo datos de costos por plantin, porcentaje de prendimiento de las estacas para relacionar con el porcentaje de prendimiento por estacas con tratamiento fitohormonal. Cabe mencionar que los costos de producción son inicialmente en la etapa de vivero para el estudio económico de ambas técnicas.

En el (*Cuadro 14*) se aprecia la respuesta del comportamiento de tres clones de álamo a tres tipos de fitohormonas, siendo la variable de respuesta de más importancia el porcentaje de estacas prendidas que se utilizó es dato para el siguiente análisis:

#### **.4.4.1. Estudio económico para los tratamientos**

Los beneficios brutos por tratamientos son distintos (*véase Cuadro 15*), para el tratamiento A1 B3 (Roothor x *P. balsamifera*) Y A2 B3 (Rootone x *P. balsamifera*) con 222.00 dólares por cada 1000 plantines, en ambos casos resultarían ser los mejores tratamientos, seguido por el tratamiento A1B1 (Roothor x *P. alba*), que registra un beneficio bruto de 219.00 dólares por cada 1000 plantines. Los tratamiento que registran el menor beneficio bruto son el A3B2 (8iozyme x *P. nigra*) con 90 dólares/1000 plantines y A1B2 (Roothor x *P. nigra*) con 135.00 dólares/1000 plantines.

Respecto a los costos variables se observa que para todos los tratamientos solo se

diferencian en los precios de las fitohormonas comerciales, es así que, para los tres primeros tratamientos, el costo variable total es 118.1 dólares/1000 plantines, para los siguientes tres tratamientos es 115.03 dólares/1000 plantines y finalmente para demás tratamientos es 115.77 dólares /1000 plantines. (Cuadro 15)

El beneficio neto registra para el tratamiento A2 B3 (Rootone x *P. nigra*), el más alto 106.97 dólares/1000 plantines, seguido por A1 B3 (Roothor x *P. balsamifera*) con 103.90 dólares/1000 plantines, el tratamiento que registro mas bajo beneficio neto fue el, A3 B2 (Biozyme x *P. nigra*) - 25.77 dólares/1000 plantas, en este ultimo tratamiento se llegaría a perder 25.77 dólares, considerando que el porcentaje de prendimiento para este clon es bajo (véase Cuadro 12)., para el beneficio neto de los demás tratamientos ver (Cuadro 15.)

#### **Análisis de dominancia.**

En el análisis de dominancia se selecciono los tratamientos que tienen costos variables mayores pero que sin embargo , sus beneficios son menores (Cuadro16)

Bajo este criterio solo se trabajo con los tratamientos no dominados, que muestra un costo variable y un beneficio neto relativamente equilibrados, los tratamientos no dominados son A2 B3 (Rootone x *P. balsamifera*), A2 81 (Rootone x *P. alba*) Y A2 B2 (Rootone x *P. nigra*) este último si bien registra un beneficio neto bajo, es necesario para poder compararlo en el análisis marginal de beneficios netos.

#### **CUADRO 16. Análisis de dominancia de datos de respuesta del comportamiento de tres especies de álamo a tres tipos de fitohormonas (Expresado en Dólares Americanos T.C .8.00)**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Beneficio Neto Parcial \$us/ Palnta</b>	<b>Costo Variable \$us/Planta.</b>
(6) Rootone x <i>P. balsamifera</i>	107,0	115,0

(3)*Roothor x <i>P. balsamifera</i>	103,9	118,1
(4) Rootone x <i>P. alba</i>	101,0	115,0
(1)*Roothor x <i>P. alba</i>	100,9	118,1
(9)* Biozyme x <i>P. balsamifera</i>	46,2	115,8
(7)* Biozyme x <i>P. alba</i>	34,2	115,1
(5)*Rootone x <i>P. nigra</i>	23,0	115,0
(2)* Roothor x <i>P. nigra</i>	16,9	118,1
(8)* Biozyme x <i>P. nigra</i>	- 25,8	115,8

**Ref:** \* Tratamientos dominados.

### **Análisis marginal de beneficios netos.**

El (Cuadro 17) se presenta el analisis marginal de los datos tomados de propagacion por estacas de alamo, la cual tiene tres alternativas de no dominancia, de las cuales se puede apreciar lo siguiente.

El incremento marginal del beneficio neto muestra que si cambiamos del tratamiento (5) A2B2 (Rootone x *P. nigra*) que tiene un beneficio neto bajo, al tratamiento (4) A2B1 (Rootone x *P. alba*) que tiene un beneficio neto alto, incrementamos en 78 dólares/1000 plantas y si cambiamos al tratamiento (6) A2B3 (Rootone x *P. balsamifera*) incrementamos nuestras utilidades hasta 84 dólares/1000 plantas, y si cambiamos de (4) a (6) un beneficio neto de 6 dólares/1000 plantas, ambas tienen un beneficio neto alto.

El incremento marginal en costo variable para pasar del tratamiento, (5) A2 B2 (Rootone x *P. nigra*) , al tratamiento (4) A2B1 (Rootone x *P. alba* ), es de 0.00 (cero), no se requiere ni un solo centavo para cambiar de lo malo a lo bueno, lo similar ocurre para pasar a (6) A2 B3 (Rootone x *P. balsamifera*) que tiene el beneficio neto mas alto.

De tales resultados se puede apreciar que la tasa de retorno marginal para el tratamiento (6) es de 600 % ósea que de cada 100 de inversión, tendremos un

retorno de 600. y del tratamiento (4) que registra la T.R.M. más alta de 7800 %, indica que de cada 100 nos retornaría 7800.

De todos estos resultados se puede aseverar que cambiando de (5) a (4) sin invertir nada tendremos una rentabilidad del 7800% la tasa de retorno marginal mas alta.

#### **4.4.2. Comparación de la técnica de propagación por estacas como alternativa tecnológica en comparación a la técnica de injerto como testigo**

En la región de Aracai, la técnica de reproducción asexual de alamo se lo realiza a mediana escala por vía tradicional de plantado de estacas sin tratamiento fitohormonal para el siguiente estudio este, fue el testigo.

Para análisis de la tasa de retorno marginal, se toma en cuenta el porcentaje de prendimiento de estacas de alamo tratadas con fitohormonas y porcentaje de prendimiento de estacas sin tratamiento fitohormonal, los costos variables en infraestructura para cámaras de enraizamiento, sustrato, fitohormonas, mano de obra e insumos, para ambos casos de igual manera en mano de obra, cuidados, control fitosanitario, insumos.

Cabe recalcar que para el estudio económico se estimó los costos para producir 1000 plantines en ambos casos, los precios de unidad de plantines para el caso de estacas sin tratamiento fitohormonal se tomó de los cotizados en el vivero de la alcaldía de Cairoma, para el caso unidad de planta reproducción por estacas, el precio se estimó según los gastos.

**Cuadro 18. Análisis de mejor tratamiento A1B1 (Roothor X *P.alba*) al estudio económico por estacas vs manera tradicional de producción sin hormonas (1000 plantines en ambos casos) expresado en dólares americanos TC. 6.72.**

ITEM	TESTIGO (Manera tradicional sin hormonas)	ALTERNATIVA (Con tratamiento fitohormonal)
a)Rendimiento ajustado por planta	944,44	730
b)Precio por planta	0,52	0,3
c)Ingreso bruto	491,86	219
d)Total costo Variable	128,32	118,07
e)-Mano de obra	112,43	67,34
-Fitohormonas	---	12
- Sustrato	4,17	4,17
-Insumos	11,72	34,56
f)Margen Bruto	363,54	100,93

**T.R.M. = 25,62091239**

**T.R.M. (%) = 2562,091239**

De cuyos resultados se infiere lo siguiente (*Cuadro 18*) el A1 B1 (Roothor x *P. alba*) T.R.M. 2562%, que significa el porcentaje de retorno económico que se tendrá por cada 100 de inversión, siendo este tratamiento el mejor, al análisis económico de la tasa de retorno marginal con lo que la alternativa tecnológica propuesta es técnicamente viable y económicamente rentable

Para los demás tratamientos los resultados a este análisis fueron (*Anexo 8*) los tratamientos A3B3 (Biozyme x *P. balsamifera*) T.R.M. 2423% A1B3 (Roothor X *P. balsamifera*) T.R.M. 2400% , A2B1 (Rootone x *P.alba*) T.R.M. 1971%, A3B1 (Biozyme x *P. alba*) T.R.M. 1865% Y A2B3 (Rootone x *P. balsamifera*) T.R.M 1851%, estos son resultados de cinco tratamientos de mayor a menor retorno marginal, donde la propuesta de alternativa tecnológica es viable y económica, es decir se puede proponer a los agricultores.

Para los demás tres tratamientos restantes, (Roothor x *P. nigra*), (Rootone x *P. nigra*) Y (Biozyme x *P. nigra*), se puede inferir que no se debe a la fitohormona que no exista rentabilidad sino más bien al clon (especie) *P. nigra*, en los tres tratamientos se presenta este clon y no existe rentabilidad económica.(véase Anexo 8). para estos tres casos la alternativa tecnológica no sería viable.

## V. CONCLUSIONES

- El comportamiento de las estacas de alamo en el periodo de enraizamiento y vivero se destacaron los clones: *P. balsamifera* y *P. alaba*, las cuales tuvieron altos porcentajes de prendimiento son las que mejor se comportaron con el uso de dos fitohormonas biológicas específicas de enraizamiento Rootone y Roothor.
- La evaluación del comportamiento agronómico de estacas de cacao en vivero, para las variables porcentaje de prendimiento, días de brotación, diámetro y altura de brote principal e índice de área foliar, los resultados tuvieron resultados diferentes para las fitohormonas y variedades, en el caso de la variable número de hojas del brote principal para el factor A (Fitohormonas) no

se registra gran variación en los datos y para el factor B (variedades) los resultados fueron distintos de una variedad a otra.

- Los porcentajes de plantines disponibles para siembra definitiva propagados vía asexual por estacas para los mejores tratamientos (Roothor x *P. balsamifera* y Rootone x *P. balsamifera* ) se tiene 74 % de plantas vivas, registrándose que el periodo donde más bajas hubo fue en la aclimatación de las estacas después del traslado de las cámaras de enraizamiento.
- Esta técnica de propagación del álamo por vía asexual por estacas, requiere condiciones especiales de clima y cuidados para el enraizamiento, y que sean satisfactorios para las mismas ya que del menor descuido depende el éxito o fracaso de la misma, la zona reúne todas las condiciones necesarias
- Las fitohormonas, que mejor se comportaron fueron, Roothor y el Rootone con mayor cantidad de ingrediente auxínicos resultaron ser mejores que el Biozyme. Esta última más de ingredientes giberélicos, fitohormonas que se encuentran en el mercado y a bajo costo.
- La propagación asexual por vía estacas, resultó ser eficiente para el alamo en la zona del Araca, y el análisis económico arrojó resultados impresionantes ya que con los mejores tratamientos Rootone x *P. balsamifera* y Rootone x *P. alba* (similar la fitohormona Roothor pero el costo más alto), se tiene una alternativa tecnológica más para ofrecer a los productores.
- El análisis económico revela el incremento de la forma que los benéficos netos de la inversión aumentan considerablemente para los mejores tratamientos y que puede aumentar más si la cantidad invertida es mayor.
- La comparación económica de la propagación por estacas con tratamiento fitohormonal y la propagación sin tratamiento, esta última muy difundida en la zona, nos da la posibilidad de afirmar que la técnica de propagación por estacas

enraizadas de álamo con tratamiento de fitohormonas puede sustituir a la manera tradicional. En el análisis económico no se tomo en cuenta el tiempo de producción de plantines ya que la técnica tradicional requiere más tiempo de aproximadamente de uno a dos meses mas para salir a campo definitivo y la alternativa tecnológica de propagación por estaca solo cuatro meses, diferencia que confirma aún más, la eficiencia de esta alternativa.

- .La T. R. M. (Tasa de Retorno Marginal) confirmó la viabilidad de la técnica de propagación de cacao por estacas enraizadas, haciéndola técnicamente viable y económicamente rentable.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Para que esta alternativa tecnológica, pueda ser implementada en la zona se requiere ofrecer al agricultor fitohormonas que no sean comerciales o con etiqueta, fitohormonas naturales que se puede encontrar en la región, esto por que, la central de agraria de la comunidad de Bajaderia , es muy estricta en la producción de de sus cultivos y cualquier cosa puede ser imputada a productos ajenos a su realidad cultural. Si bien la utilización de las fitohormonas biológicas comerciales no arriesgan la producción agricola, sería aconsejable ofrecer al agricultor, productos naturales tales como el agua de choclo como enraizante auxínico, la miel de abejas, el agua con fermentos (levadura)l y otras que se puedan encontrar en forma natural.

- Se recomienda la utilización del clon *P. balsamifera* y *P. alba* Y fitohormonas comerciales Rootone y Roothor para propagar por vía asexual por estacas, como también realizar más experimentos con otros clones de alta producción y tener mayores alternativas en la utilización de clones (especies).
- No se recomienda la utilización del clon *P. nigra*, por el bajo porcentaje de enraizamiento y además, es una variedad muy delicada a condiciones climáticas, de igual manera la utilización de fitohormonas giberélicas, que favorecen más al desarrollo del follaje y no así al de la raíz, para el enraizamiento de estacas se requiere fitohormonas de origen auxínico.
- Realizar ensayos de tipos de sustrato en el periodo de enraizamiento es muy importante, para lo cual se recomienda la utilización de desechos picados de cultivos de la región, musgo húmedo, aserrín descompuesto, turba, arena, que pueden favorecer a la emisión de raíces en la estaca.
- Al realizar el presente trabajo de tesis, se realizó también ensayos de propagación asexual por vía acodos aéreos, cuyos resultados fueron regulares, se requiere la realización de varios ensayos, un trabajo como el anterior, puede permitir ampliar la visión agrícola de producción y renovación de plantas improductivas de cacao.
- La raíz es el órgano que sin duda debe evaluarse de forma precisa, será necesario dar seguimiento de estudios bajo el suelo para ver el desarrollo de las raíces y determinar si puede existir problemas de raíz en la futura planta.
- Realizar estudios del comportamiento del alamo, propagado por vía estacas en campo definitivo, a los dos, tres, y cuatro años, en el que se podrá evaluar su comportamiento y la incidencia de factores climáticos (viento), el comportamiento de raíces ramificadas laterales y otros factores a estudiar.

## **VII. BIBLIOGRAFIA**

**ANDRAS, J. y FUCHS, L. (1995)** Manual de Producción en Viveros, EL DORADO Ltda., Editorial Grupo Desing Arequipa- Perú 42p.

**BRAUDEAU, J. (1970)** El Álamo . Colección Agroforesteria, Editorial Blume, Primera edición, Barcelona – España. 304 p.

**BRAUDEAU, J. (1975)** El Álamo. Trad. Hernandez, A.M., Técnicas Agrícolas y Producciones Forestales. Primera Reimpresión, Editorial Blume, Primera Edición, Barcelona – España. 283 p.

**BARROS, O. (1981)** El Álamo. Manual de Asistencia Técnica N° 23, Publicación R.T.A., Edición Ing. Ana Lucia de Román, Bogota – Colombia 286 p.

----- (1979) Boletín El álamo. ACLO Capacitación Agropecuaria, Editorial Qori Llama, Sucre – Bolivia. 40 p.

**CALZADA, B. (1982)** Métodos Estadísticos Para la Investigación. Quinta Edición, Lima – Perú. 474 – 488 pp.

**CIMMYT (1988)** Manual Metodológico de Evaluación Económica, la Formulación de recomendaciones a partir de datos Agronómicos. Ed Rev. Mexico 79 p.

----- (1993) Curso Tecnico de Viveros. Memoria, Central de Cooperativas EL CEIBO Ltda., Sapecho – Alto Beni – La Paz – Bolivia. 7 p.

**DAVIES, P. (1986)** Sistemas Alternativos de producción en Viveros Comunes en la Zona Norte de Colombia: Un analisis Económico Exploratorio. Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT), Documento Trabajo N° 55, Bogota – Colombia. 42 p.

**ENCARTA (1999)** Álamo, Auxina, Vegetal, Linneo Cari Von. Enciclopedia MICROSOFT® Corporación, Reservado todos los derechos.

**ENRIQUEZ, G. (1985)** Curso sobre el Cultivo Con la utilización de Rompe vientos. Serie Matemáticas de Enseñanza- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (A.R.U.N.) N° 22, Turrialba – Costa Rica. 239 p.

**ENRIQUEZ, G. y PAREDES, A. (1989)** El Álamo Como Protector. Editorial EUNED, Tercera Reimpresión de la segunda Edición, Serie Especies Forestales Mayores N° 4 San Jose Costa Rica. 62 p.

**GUTIERREZ, H. (1988)** El Beneficio del Álamo, Secretaria Departamental de Antioquia Medellín – Colombia. 16-18 pp.

**HERNANDEZ, J. (1983)** Fitotecnia de Plantaciones Forestales. Editorial Pueblo y Educación, Segunda reimpresión de la primera Edición; Playa, La Habana – Cuba 230 p.

----- (1978) Historia y Utilidad del Álamo. Publicaciones de CIPCA y Radio CARACOL, Primera Edición, Santa Fe – Colombia.

**HARTMANN, H. y KESTER, D.** (1986) Propagación de Plantas. Editorial Continental S.A., Sexta impresión, Mexico 237 – 675 pp.

**MOREIRA, M.** (1993) Rehabilitación de Plantaciones Forestales Mediante el Uso de Especies Precoces. Boletín divulgativo, N° 242 Estación Experimental Pinchilingue, Ecuador. 14 p.

**MORENO, L. y SANCHEZ, J.** (1990) Poda y Regulación de Sombra del Especies Forestales. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola FHIA – IICA, Fascículo N° 7, San Pedro Sula – Honduras. 13 – 18 pp.

**NOSTI, J.** (1970) Los Bosques Implantados. Segunda Edición, La Habana – Cuba. 698 p.

**OCHSE, J., SOULE, M., DIJKMAN, M. y WEHLBURG, H.** (1974) Cultivo y Mejoramiento de Plantas Tropicales y Subtropicales. Editorial Limusa, Primera Edición, Vol. II, Mexico. 912 – 956 pp.

**PROVIDA** (1989) Seminario regional Sobre Tecnología de Manejo de Viveros, en la producción de Especies Forestales Promisorias Editorial IIAC, Coronado – Costa Rica 15 – 248 pp.

**PAREDES, P.** (1999) Elementos de Elaboración y Evaluación de Proyectos tercera Edición Aumentada y Corregida, La Paz - Bolivia 305 p.

**PRUETT, C.** (1991) Bosques de Producción Continua en Europa Estudio Sobre Insectos Polinizadores. CIMCA Santa Cruz – Bolivia 4 – 5 pp.

**QUEVEDO, O.** (1999) Enfermedades Fungosas en Bosques de Zonas templadas en Europa Central Asistencia Técnica de Gobierno Británico ODA, Boletín Divulgativo N° 212, Departamento de Fitopatología INIAP EET Pichilingue, Ecuador. 6p.

**QUIROZ, D.** (1991) Manual para el Control de Enfermedades Fungosas del Álamo Editorial Oveja Negra, Bogota – Colombia. 54 p.

**QUIROZ, J., VERA, J., y ENRIQUEZ, G.** (1992) Determinación de Genotipos y Compatibilidad de Algunos Clones de Álamo. Boletín Técnico N° 71, Estación Experimental Pichilingue, Quito – Ecuador. 12 p.

**RODRIGUEZ, M.** (1991) Fisiología vegetal. Editorial Los Amigos del Libro, Cochabamba – Bolivia. 295 – 336 pp.

**ROHAN, T.H.** (1964) El Beneficio de los Bosques Destinados al Mercado. Organización de las naciones unidas para la Agricultura y Alimentación F.A.O. N° 60. Roma – Italia. 223 p.

**ROJAS, M. y RAMIREZ, H.** (1991) Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas. Editorial Limusa, segunda reimpresión de la Primera Edición, Mexico. 7 – 87 pp.

**SANCHEZ, A.** (1983) Cultivos de Plantación. Manuales para la Producción. Agropecuaria, Área Producción vegetal, Editorial Trillas, S.A. Segunda Reimpresión Mexico. 11 – 24 pp.

**SAUNDERS, J. y ENRIQUEZ, G.** (1997) Álamo. Manejo Integrado de Plagas Insectiles. Capitulo 29. 457 – 467 pp.

----- (1995) Actas Seminario Taller Inter.- institucional, Alternativas de Producción en los Valles centrales Chilenos Santiago – Chile. 8 – 12 pp.

**SUAREZ, C.** (1984) Descripción y Control de las Enfermedades del Álamo Presentes en el Litoral Ecuatoriano. Boletín Divulgativo N° 162, Estación experimental Pueblo Nuevo. Quito – Ecuador. 6 p.

**SUAREZ, C. y DELGADO, C.** (1993) Plagas y Enfermedades de Bosques . Boletín Técnico N° 11, Fundación para el Desarrollo Agropecuario, JTAYR, Estación experimental Pueblo Nuevo. Quito – Ecuador. 5 – 8 pp.

**SPIEGEL, M.** (1987) Traducido y Adaptado por Gomes, J.L., Estadística, Serie Schaum. 241 – 268. pp.

**TRUJILLO, G.** (1997) Establecimiento y Manejo Plantaciones de Álamo. Memoria del Curso Centralizado para técnicos para Técnicos Auxiliares, Lagunillas – Juárez – Mexico D.F. – Mexico 2 – 11 pp.

**TRUJILLO, G. y MILZ, J.** (1993) Establecimiento y Manejo Plantaciones Promisorias de Álamo. Memoria del Curso Centralizado para técnicos para Técnicos Auxiliares, Lagunillas – Juárez – México D.F. – México 25 p.

**VERA, J. SUAREZ, C., y MOREIRA, M.** (1998) Manual de Plantaciones de Álamo. Por: INIAP – PROTECA, Estación Experimental “Pueblo Nuevo”, Manual N° 25 Quito – Ecuador. 135 p.

**WOOD, G.A.R.** (1982) Trad. Ambrosio, A.M., Álamo. Compañía editorial Continental S.A. de C.V., Primera Edición en español de la tercera Edición en Ingles, México. 368 p.

**ZAMBRADA, R.** (1985) Perspectivas de Mercado del Álamo como Fuente de Celulosa Unidad de Programas Rurales y Agropecuarias en Venezuela. Boletín Divulgativo N° 12, Caracas - Venezuela. 6 p.

**ZAPP. J.** (2000) Reporte de la Misión de Consultoría en la Organización” Celulosa S.A.” Dentro el Marco de Asistencia FAO al Proyecto Colombia/99/08. Bogotá – Colombia 24p.

## ANEXO 1.

### CROQUIS DEL VIVERO EXPERIMENTAL Y DISPOSICION DE LOS TRATAMIENTOS

BLOQUE I			BLOQUE III		
A1B1	A1B2	A1B3	A1B1	A1B2	A1B3
A2B1	A2B2	A2B3	A2B1	A2B2	A2B3
A3B1	A3B2	A3B3	A3B1	A3B2	A3B3
A1B2	A1B3	A1B1	A1B2	A1B3	A1B1
A2B2	A2B3	A2B1	A2B2	A2B3	A2B1
A3B2	A3B3	A3B1	A3B2	A3B3	A3B1
A1B3	A1B1	A1B2	A1B3	A1B1	A1B2
A2B3	A2B1	A2B2	A2B3	A2B1	A2B2
A3B3	A3B1	A3B2	A3B3	A3B1	A3B2
A1B1	A1B2	A1B3	A1B1	A1B2	A1B3
A2B1	A2B2	A2B3	A2B1	A2B2	A2B3
A3B1	A3B2	A3B3	A3B1	A3B2	A3B3
BLOQUE II			BLOQUE IV		
A1B1	A1B2	A1B3	A1B1	A1B2	A1B3
A2B1	A2B2	A2B3	A2B1	A2B2	A2B3
A3B1	A3B2	A3B3	A3B1	A3B2	A3B3
A1B2	A1B3	A1B1	A1B2	A1B3	A1B1
A2B2	A2B3	A2B1	A2B2	A2B3	A2B1
A3B2	A3B3	A3B1	A3B2	A3B3	A3B1
A1B3	A1B1	A1B2	A1B3	A1B1	A1B2
A2B3	A2B1	A2B2	A2B3	A2B1	A2B2
A3B3	A3B1	A3B2	A3B3	A3B1	A3B2
A1B1	A1B2	A1B3	A1B1	A1B2	A1B3
A2B1	A2B2	A2B3	A2B1	A2B2	A2B3
A3B1	A3B2	A3B3	A3B1	A3B2	A3B3

**ANEXO. 2**  
**ALGUNAS CARACTERISTICAS QUE DISTINGUEN A LOS ALAMOS**

Origen	- Europa, Asia, norte de África.
Habitad	- En el centro y sur de Europa, Asia central y norte de África, y en toda la Península Ibérica.
Hojas	- Hojas alternas, simples, pecioladas, las adultas con haz glabro y envés densamente blanco-tomentoso, limbo muy polimorfo. Caducas, simples, alternas, ovales o palmeadas, de borde dentado; cubiertas en el envés de una capa densa de pelos afieltrados de color blanquecino. En otoño la coloración es marrón o amarillenta.
Inflorescencia	- Las flores masculinas son grandes y rojizas y las femeninas son amarillo verdoso.
Fruto	- Fructificación: fruto en cápsula, ovoidea y lampiña.
Usos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La madera se usa en imaginería.</li> <li>- También se usó la corteza para curtir y teñir.</li> <li>- Madera homogénea de densidad ligera, porosa y de secado fácil y rápido; es resistente a la abrasión y elástica.</li> <li>- Se utiliza para pasta de papel, paneles, embalajes, contrachapeado, cerillas por su lenta combustión, carpintería, pavimentos, etc.</li> </ul>

**Fuente:** Enríquez G. y Paredes, A. (1989)

### ANEXO 3.

#### LISTA DE CLONES REPORTADOS COMO RESISTENTES A LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES DE ALAMO.

<b>Podredumbre radicular.</b> ( <i>Rossellinia sp.</i> )	<b>Moho negro carbon o diplodia</b> ( <i>Diplodia populudae</i> Novell)	<b>Mal de los propagadores</b> ( <i>Ginllilodae sp.</i> , <i>Fusarium,sp.</i> )	<b>Fitoftora podredumbre negra</b> ( <i>Prytophthora spp.</i> )
1. <i>Populus x canescens</i> (Ait.) Sm	1. <i>Populus euphratica</i> Oliv.	1. <i>Populus euphratica</i> Oliv.	1. <i>Populus alba</i> L.
2. <i>Populus alba</i> L.	2. <i>Populus nigra</i> L.	2. <i>Populus nigra</i> L.	2. <i>Populus tremula</i> L.
3. <i>Populus tremula</i> L.	3. <i>Populus x canadensis</i> Moench	3. <i>Populus x canadensis</i> Moench	3. <i>Populus tremuloides</i> Michx.
4. <i>Populus tremuloides</i> Michx.	4. <i>Populus texana</i> Sarg.	4. <i>Populus texana</i> Sarg.	4. <i>Populus euphratica</i> Oliv.
5. <i>Populus euphratica</i> Oliv.	5. <i>Populus deltoides</i> Marshall	5. <i>Populus deltoides</i> Marshall	5. <i>Populus nigra</i> L.
6. <i>Populus nigra</i> L.	6. <i>Populus balsamifera</i> L.		6. <i>Populus x canadensis</i> Moench
7. <i>Populus x canadensis</i> Moench	7. <i>Populus euphratica</i> Oliv.		7. <i>Populus texana</i> Sarg.
8. <i>Populus texana</i> Sarg.	8. <i>Populus x canadensis</i> Moench		8. <i>Populus deltoides</i> Marshall
9. <i>Populus deltoides</i> Marshall			9. <i>Populus euphratica</i> Oliv.
10. <i>Populus trichocarpa</i> Hook.			10. <i>Populus nigra</i> L.
11. <i>Populus balsamifera</i> L.			11. <i>Populus x canadensis</i> Moench
12. <i>Populus euphratica</i> Oliv.			
13. <i>Populus nigra</i> L.			

**Fuente:** Enríquez G. y Paredes, A. (1989)

**ANEXO 4.**  
**DESCRIPCION Y CONTROL DE LAS ENFERMEDADES DE ALAMO**  
**EETP – Departamento de Fitopatología, 1982**

Nombre Comun	Organismo Causal	Partes Afectadas	Control
Roya	Melanospora sp.	Brotos vegetativos	Mantener la plantación en buen estado nutricional y sanitario. Mejorar ventilación con poda y limpieza anual.
Podredumbre acuosa o manilla	Venturia populina	Inflorescencia	Cortar ramas muertas limpiar hojas caidas,especialmente los primeros años de la planata, utlizar productos fungisidas. Cloratonil.....0,60 lts i.a./ha Oxido cuproso...0,50 lts. i.a./ha Zineb.....1.00 lts i.a./ha
Podredumbre	Gloesporium salicis	Tronco y ramas	Evitar heridas innecesarias en los arboles. Desinfectar las herramientas (1 parte de formol comercial del 40 % mas 6 partes de agua), proteger los cortes hechos al podar, con alquitran vegetal u otra pasta desinfectante. Sembrar clones o hibridos resistentes, Eliminar y quemar fuera de la plantación todo arbol enfermo o muerto.
Fitofora podredumbre negra	Prytophthora spp.	Tronco y chupones	Evitar poras frecuentes en la plantación, Aspersion fungicidas a base de cobre eliminación y quema de partes enfermas.

## ANEXO 4. (continuación)

Moho negro carbon o diplodia	Diplodia populudae Nowell	Ramas y chupones	Realizar podas en tiempos con poca humedad. Se aplican fungicidas para combatir monilla no se requieren aplicaciones adicionales.
Thielaviopsis	Thielaviopsis paradoxa (De Seyn) Hochm	Yemas florales	Es muy eventual se presenta asociada con heridas causadas por pajaros o Ardillas. Deben hacerse controles frecuentes. No requieren medidas especiales de combate.
Muerte regresiva o Die Back	Complejo de varios agents fisiologicos, insectos y hongos tales como Dipplodia sp., Colletrichum sp., Nectria sp.	Ramas terminales	Evitar condiciones extremas por falta o exceso de humedad en el suelo, asperjar fungicidas o insecticidas según la causa, de acuerdo a posibilidades.
Podredumbre radicular.	Rossellinia sp.	Raices	Eliminación de arboles enfermos o troncos en descomposición. Poner cal donde estuvo un arbol muerto. Si es necesario debe limitarse con una zanja toda el area afectada. Corregir condiciones de mal drenaje.
Mal de los propagadores	Complejo de agentes: Ginllilodae sp., Fusarium, Colletotrichum gloeosporoides.	Ramillas de enraizamiento.	Sumergir las ramillas en una solucion de Ferban, 25 gr./10 lt. de agua antes de colocarlas en los propagadores. Regular adecuadamente la humedad y luz en el propagador asperjar las ramillas dentro de los propagadores con Ferban (2,5 gr./lt.)
Pazmazon o Cherelle Wilt	Marchitamiento de plantines por complejos fisiologicos	Plántulas para Transp. lante.	Mantener a los individuo en estado de crecimiento sano y vigoroso. Fertilizarlos adecuadamente.

Fuente: Suarez C (1984). EET, (1982).

**ANEXO 5.**  
**NORMAS CUALITATIVAS PROPUESTAS**  
**(CONFORMACIÓN Y ESTADO SANITARIO)**

<b>Defectos que excluyen a las plantas de la calidad cabal y comercial</b>	<b><i>Populus sp</i></b>	<b><i>Pinus</i></b>	<b><i>Quercus</i></b>
Plantas con heridas no cicatrizadas	*	*	*(1)
Plantas parcial o totalmente desecadas	*	*	*
Tallo con una fuerte curvatura	*	*	*
Tallo múltiple	*	*	*
Tallo con muchas guías	*	*	*
Tallo y ramas con parada invernal incompleta	*	*(4)	*(4)
Tallo desprovisto de una yema terminal sana		*	
Ramificación inexistente o claramente insuficiente		*	
Las acículas más recientes gravemente dañadas, hasta el punto de comprometer la supervivencia de la planta		*	
Cuello dañado (3)	*(2)	*	*
Raíces principales intensamente enrolladas o torcidas		*	*
Raíces secundarias inexistentes o seriamente amputadas (3)		*	*
Plantas que presentan graves daños causados por organismos nocivos	*	*	*
Plantas que presentan indicios de recalentamiento, de fermentación o humedad debidos al almacenamiento en vivero	*	*	*

(1) Salvo si las plantas se extraen del vivero durante el período vegetativo. (Extraído de Peñuelas, 1993)

(2) Salvo para las plantas de *Populus* recepadas en vivero.

(3) Salvo para las estaquillas.

(4) Salvo para plantaciones de otoño en climas suaves.

Fuente: Suarez C (1984). EET, (1982).

**ANEXO 8.**  
**COMPARACION ECONOMICA DE LA TECNICA DE REPRODUCCION DE ALAMO POR ESTACAS CON LA TECNICA DE PROPAGACION POR INJERTO**

*CALCULO DE LA TASA DE RETORNO MARGINAL DE LA REPRODUCCION POR ESTACAS USANDO COMO TESTIGO LA TECNICA TRADICIONAL SIN HORMONAS (PARA CADA TRATAMIENTO ESTUDIADO)*

Tratamiento A1B1 (Roothor \* *P. alba*)  
 Para 1000 plantines en ambos casos  
 Expresado (\$us) Dolares Americanos (TC.8,08).

ITEM	TESTIGO (Tradicional)	ALTERNATIVA (Con Hormonas)
a) Rendimiento ajustado por planta	944,44	730
b) Precio por planta	0,52	0,3
c) Ingreso Bruto	491,86	219
d) Total costoVariable	128,32	118,07
e) - Mano de obra	112,43	67,34
- Fitohormonas	---	12
- Sustratos	4,17	4,17
- Insumos	11,72	34,56
f) Margen Bruto	363,54	100,93

**T.R.M. = 25.62091239**  
**T.R.M. (%) = 2562,091239**

Tratamiento A1B2 (Roothor \* *P. nigra*)  
 Para 1000 plantines en ambos casos  
 Expresado (\$us) Dolares Americanos (TC.8,08)

ITEM	TESTIGO (Tradicional)	ALTERNATIVA (Con Hormonas)
a) Rendimiento ajustado por planta	600	450
b) Precio por planta	0,52	0,3
c) Ingreso Bruto	312,48	135
d) Total costoVariable	75,59	113,26
e) - Mano de obra	71,42	62,53
- Fitohormonas	---	12
- Sustratos	4,17	4,17
- Insumos	11,72	34,56
f) Margen Bruto	236,89	21,74

**T.R.M. = - 5,711441465**  
**T.R.M. (%) = - 571,1441465**

## ANEXO 8. (Continuación)

Tratamiento A1B1 (Roothor \**P. balsamifera*)  
Para 1000 plantines en ambos casos  
Expresado (\$us) Dolares Americanos (TC.8,08)

ITEM	TESTIGO (Tradicional)	ALTERNATIVA (Con Hormonas)
a) Rendimiento ajustado por planta	950	740
b) Precio por planta	0,52	0,3
c) Ingreso Bruto	494,76	222
d) Total costoVariable	128,98	118,07
e) - Mano de obra	113,09	67,34
- Fitohormonas	----	12
- Sustratos	4,17	4,17
- Insumos	11,72	34,56
f) Margen Bruto	365,78	103,93

**T.R.M. = 24,0091659**  
**T.R.M. (%) = 2400,91659**

Tratamiento A1B1 (Rootone \**P. alba*)  
Para 1000 plantines en ambos casos  
Expresado (\$us) Dolares Americanos (TC.8,08)

ITEM	TESTIGO (Tradicional)	ALTERNATIVA (Con Hormonas)
a) Rendimiento ajustado por planta	944,44	720
b) Precio por planta	0.52	0,3
c) Ingreso Bruto	491,86	216
d) Total costoVariable	128,32	115
e) - Mano de obra	112,43	67,34
- Fitohormonas	----	12
- Sustratos	4,17	4,17
- Insumos	11,72	34,56
f) Margen Bruto	363,54	101,00

**T.R.M. = 19,71053694**  
**T.R.M. (%) = 1971,053694**

## ANEXO 8. (Continuación)

Tratamiento A1B3 (Rootone \* *P. nigra*)  
Para 1000 plantines en ambos casos  
Expresado (\$us) Dolares Americanos (TC.8,08)

ITEM	TESTIGO (Tradicional)	ALTERNATIVA (Con Hormonas)
a) Rendimiento ajustado por planta	600	460
b) Precio por planta	0,52	0,3
c) Ingreso Bruto	312,48	138
d) Total costoVariable	87,31	110,53
e) - Mano de obra	71,42	62,53
- Fitohormonas	----	8,93
- Sustratos	4,17	4,17
- Insumos	11,72	34,56
f) Margen Bruto	225,17	27,81

**T.R.M. = - 8,625874126**  
**T.R.M. (%) = - 86,25874126**

Tratamiento A1B1 (Rootone \* *P. balsamifera*)  
Para 1000 plantines en ambos casos  
Expresado (\$us) Dolares Americanos (TC.8,08)

ITEM	TESTIGO (Tradicional)	ALTERNATIVA (Con Hormonas)
a) Rendimiento ajustado por planta	950	740
b) Precio por planta	0,52	0,3
c) Ingreso Bruto	494,76	222
d) Total costoVariable	128,98	115
e) - Mano de obra	113,03	67,34
- Fitohormonas	----	8,93
- Sustratos	4,17	4,17
- Insumos	11,72	34,56
f) Margen Bruto	365,78	107,00

**T.R.M. = 18,51072961**  
**T.R.M. (%) = 1851,072961**

## ANEXO 8. (Continuación)

Tratamiento A1B1 (Biozyme \* *P. alba*)  
Para 1000 plantines en ambos casos  
Expresado (\$us) Dolares Americanos (TC.8,08)

ITEM	TESTIGO (Tradicional)	ALTERNATIVA (Con Hormonas)
a) Rendimiento ajustado por planta	944,44	500
b) Precio por planta	0,52	0,3
c) Ingreso Bruto	491,86	150
d) Total costoVariable	128,32	110,93
e) - Mano de obra	112,43	62,53
- Fitohormonas	----	9,67
- Sustratos	4,17	4,17
- Insumos	11,72	34,56
f) Margen Bruto	363,54	39,07

**T.R.M. = 18,65867464**  
**T.R.M. (%) = 1865,867464**

Tratamiento A1B1 (Biozyme \* *P. nigra*)  
Para 1000 plantines en ambos casos  
Expresado (\$us) Dolares Americanos (TC.8,08)

ITEM	TESTIGO (Tradicional)	ALTERNATIVA (Con Hormonas)
a) Rendimiento ajustado por planta	600	300
b) Precio por planta	0,52	0,3
c) Ingreso Bruto	312,48	90
d) Total costoVariable	87,31	106,12
e) - Mano de obra	71,42	57,72
- Fitohormonas	----	9,67
- Sustratos	4,17	4,17
- Insumos	11,72	34,56
f) Margen Bruto	225,17	- 16,12

**T.R.M. = - 12,8277512**  
**T.R.M. (%) = - 1282,77512**

## ANEXO 8. (Continuación)

Tratamiento A1B1 (Byozyme \**P. balsamifera*)  
Para 1000 plantines en ambos casos  
Expresado (\$us) Dolares Americanos (TC.8,08)

ITEM	TESTIGO (Tradicional)	ALTERNATIVA (Con Hormonas)
a) Rendimiento ajustado por planta	950	540
b) Precio por planta	0,52	0,3
c) Ingreso Bruto	494,76	162
d) Total costoVariable	128,98	115,74
e) - Mano de obra	113,09	67,34
- Fitohormonas	---	9,67
- Sustratos	4,17	4,17
- Insumos	11,72	34,56
f) Margen Bruto	365,78	46,26

**T.R.M. = 24,13293051**  
**T.R.M. (%) = 2413,293051**

**ANEXO 9.**

**Analisis de varianza de las variables de respuesta**

**ANVA, Porcentaje de prendimiento de estacas.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t. (5%)
Bloque	3	30,9722	10,3440	1,37 NS	3,01
Fitohormona	2	2964,6666	1482,3333	197,16 *	3,40
Error (a)	6	45,1111	7,5185		
Especie	2	5230,1666	2615,0833	439,24 *	3,40
A x B	4	72,6666	18,1666	3,05 *	2,78
Error (b)	18	107,1666	5,9537		
TOTAL	35	8450,7500			

\* Significativo

NS No significativo

CV = 4,23

**ANVA, Dias de brotación**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t. (5%)
Bloque	3	1,4166	0,4722	4,25 *	3,01
Fitohormona	2	6,0000	3,0000	27,00 *	3,40
Error (a)	6	0,6666	0,1111		
Especie	2	18,0000	9,0000	44,18 *	3,40
A x B	4	3,0000	0,7500	3,68 *	2,78
Error (b)	18	3,6666	0,2037		
TOTAL	35	32,7500			

\* Significativo

NS No significativo

CV = 2,29

**ANVA, Diámetro del brote principal.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t. (5%)
Bloque	3	0,00043056	0,00014352	2,01 NS	3,01
Fitohormona	2	0,00190556	0,00095278	13,36 *	3,40
Error (a)	6	0,00042778	0,00007130		
Especie	2	0,03742222	0,01871111	246,44 *	3,40
A x B	4	0,04961111	0,01240278	163,35 *	2,78
Error (b)	18	0,0013667	0,00007593		
TOTAL	35	0,09116389			

\* Significativo

NS No significativo

CV = 2,33

**ANVA, Altura del brote principal**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t. (5%)
Bloque	3	4,6919	1,5639	2,57 NS	3,01
Fitohormona	2	16,2955	8,1477	13,40 *	3,40
Error (a)	6	3,6488	0,6081		
Especie	2	34,8038	17,4019	25,32 *	3,40
A x B	4	82,9377	20,7344	31,17 *	2,78
Error (b)	18	12,3716	0,6837		
TOTAL	35	154,7497			

**Significativo**

**NS No significativo**

**CV = 11,51**

**ANVA, Numero de hojas de la estaca**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t. (5%)
Bloque	3	0,3055	0,1018	2,57 NS	3,01
Fitohormona	2	0,1666	0,0833	13,40 *	3,40
Error (a)	6	0,9444	0,1574		
Especie	2	3,1666	1,5833	25,32 *	3,40
A x B	4	4,1666	1,0416	3,12 *	2,78
Error (b)	18	6,0000	0,3333		
TOTAL	35	14,7500			

**\* Significativo**

**NS No significativo**

**CV = 15,39**

**ANVA, (Indice de Area Foliar)**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t. (5%)
Bloque	3	844,8511	281,6170	0,72 NS	3,01
Fitohormona	2	32484,8716	16242,4358	41,48 *	3,40
Error (a)	6	2349,5838	391,5973		
Especie	2	88059,4650	44029,7325	200,93 *	3,40
A x B	4	56740,4033	14185,1008	64,73 *	2,78
Error (b)	18	3944,4050	219,1336		
TOTAL	35	184423,5800			

**\* Significativo**

**NS No significativo**

**CV = 6,93**

