

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

**EFFECTO DE LA ÉPOCA DE COSECHA, EL TIPO DE ESTACA Y LA
APLICACIÓN DE FITOHORMONAS EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE
Proustia cuneifolia D. DON.**

PILAR CONSTANZA OSORIO GODOY

SANTIAGO, CHILE
2009

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

**EFEECTO DE LA ÉPOCA DE COSECHA, EL TIPO DE ESTACA Y LA
APLICACIÓN DE FITOHORMONAS EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE
Proustia cuneifolia D. DON.**

**EFFECT OF THE HARVEST SEASON, TYPE OF STAKE AND THE
APPLICATION OF PHYTOHORMONES OVER THE VEGETATIVE
PROPAGATION OF *Proustia cunifolia* D. DON.**

PILAR CONSTANZA OSORIO GODOY

**SANTIAGO, CHILE
2009**

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA ÉPOCA DE COSECHA, EL TIPO DE ESTACAS Y LA
APLICACIÓN DE FITOHORMONAS EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE
Proustia cuneifolia D. DON.**

Memoria para optar al título de
Ingeniero Agrónomo
Mención Producción Animal

PILAR CONSTANZA OSORIO GODOY

PROFESORES GUÍA

CALIFICACIONES

Sr. Alfredo Olivares E.
Ingeniero Agrónomo MSc.

6.6

Sra. Myrna Johnston B.
Prof. Biología y Ciencias MSc.

6.5

PROFESORES EVALUADORES:

Sr. Cristian Araneda T.
Biólogo, Dr. Ciencias Biomédicas

Sr. Víctor García de Cortázar G.
Ingeniero Agrónomo, Dr. Ing.

SANTIAGO, CHILE
2009

ÍNDICE

RESUMEN	5
Palabras Clave	5
ABSTRACT	6
Key Words	6
INTRODUCCIÓN	7
Hipótesis	10
Objetivo General	10
Objetivos Específicos	10
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Metodología	11
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	13
RESULTADOS	15
Sobrevivencia	15
Enraizamiento.....	15
Brotación de Estacas.....	15
Análisis de las Variables	15
Época de Cosecha	16
Sobrevivencia, Enraizamiento y Brotación.....	16
Número de Raíces y Brotes, Longitud de Raíces y Brotes	16
Tipo de Estaca	18
Sobrevivencia, Enraizamiento y Brotación.....	18
Número de Raíces y Brotes, Longitud de Raíces y Brotes	18
Tratamiento Hormonal	19
Sobrevivencia, Enraizamiento y Brotación.....	19
Número de Raíces y Brotes, Longitud de Raíces y Brotes	19
Efecto de la Época de Cosecha con el Tipo de Estaca	21
Sobrevivencia	21
Enraizamiento.....	21
Brotación	22
Número de Raíces y Brotes, Longitud de Raíces y Brotes	22
Efecto de la Época de Cosecha con Tratamiento Hormonal	24
Sobrevivencia	24
Enraizamiento.....	24
Brotación	25
Número de Raíces y Brotes, Longitud de Raíces y Brotes	25

Efecto del Tipo de Estaca con Tratamiento Hormonal	27
Sobrevivencia	27
Enraizamiento	27
Brotación	28
Número de Raíces y Brotes, Longitud de Raíces y Brotes	28
<i>DISCUSIÓN</i>.....	30
Época de Cosecha	30
Tipo de Estaca.....	33
Tratamiento Hormonal	35
Época de Cosecha con Tipo de Estaca	39
Época de Cosecha con Tratamiento Hormonal	40
Tipo de Estaca con Tratamiento Hormonal.....	42
<i>CONCLUSIONES</i>.....	44
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>.....	45
<i>ANEXO I</i>	48
<i>ANEXO II</i>.....	57
<i>ANEXO III</i>	66
<i>ANEXO IV</i>.....	67

RESUMEN

En la actualidad es necesario buscar formas de disminuir costos en la producción, evitando alterar de manera importante el medio ambiente. El uso de cercos vivos a partir de especies nativas puede ser una alternativa para sistemas productivos en zonas degradadas como el secano mediterráneo. Una especie que se podría utilizar es la *Proustia cuneifolia* D. Don.

Se analizaron los diversos factores que podrían influir en la propagación vegetativa de esta especie mediante estacas. Se estudiaron cuatro épocas de cosecha (otoño, invierno, primavera y verano), dos tipos de estaca según la zona de obtención en la planta (estacas de la zona media y de la zona apical), y tres tratamientos hormonales (testigo sin hormona, 1000 ppm de AIB, y ANA en polvo comercial). Las estacas fueron plantadas en macetas con un sustrato de arena y tierra de hoja (1:1), donde permanecieron por dos meses. Se midieron: Número y longitud de raíces y brotes. Además, se determinó el porcentaje de sobrevivencia, de enraizamiento y de brotación de las estacas.

La sobrevivencia fue de 323 estacas (67,3 % del total de estacas). El enraizamiento fue de 32,8 % de las estacas que se encontraban vivas (323), y 22 % de las estacas totales (480). Las estacas brotadas fueron en total 80 (24,8 % del total de estacas sobrevivientes y 16,7 % de las totales). En relación a época de cosecha, el mayor valor de sobrevivencia se logró en otoño y el menor en primavera. Estacas de la zona media presentaron el mayor valor de sobrevivencia (71,7 %), a diferencia de las estacas de la zona apical (62,9 %). En cuanto a tratamiento hormonal, el testigo logró 72,5 % de sobrevivencia, AIB 68,1 % y el menor fue ANA con 61,2 %. Para enraizamiento, la mejor época fue primavera (48,3 %). Presentando además el mayor número de raíces totales (65); el menor fue invierno. La época también tuvo efecto sobre el número de brotes (41 brotes en verano y 0 en otoño). En longitud de raíces, sólo primavera superó a las otras épocas, y en longitud de brotes, fue mayor en verano.

El tratamiento que favorece en mayor medida el desarrollo de la estacas es la selección en primavera, sin diferenciar entre tipo de estaca ni tratamiento hormonal, para mantener los costos de producción bajos.

Palabras Clave

Sobrevivencia, enraizamiento, brotación, raíces, brotes, ácido indolbutírico (AIB), ácido naftalenacético (ANA).

ABSTRACT**“EFFECT OF THE HARVEST SEASON, TYPE OF STAKE AND THE APPLICATION OF PHYTOHORMONES OVER THE VEGETATIVE PROPAGATION OF *Proustia cunifolia* D. DON.”**

The hypothesis of this study was to determine the influence that the season of collection, the type of stake and the application of phytohormones may have over the rooting capacity of *Proustia cunifolia* D. Don. The general objective was to study some factors affecting the rooting of stakes in this species. The specific objectives were to determine the effect of the season of stakes collection, the type of stake and the effect of hormone application over rooting capacity of *Proustia cunifolia* D. Don. stakes.

Surviving stakes were 323 (67.3 % of the total sum of stakes). According to harvest season, autumn got the highest values, and spring the lowest. Mid section stakes had the highest survival value (71.7 %), compared to the apical section (62.9 %). For phytohormone treatment, the witness obtained 72.5% of survival, IBA 68.1% and NAA with 61.2%. The highest rooting percentage was spring (48.3 %), and the lowest winter (1.6 %). There were no differences in results for types of stake or phytohormones. The best sprouting season was winter (30.8 %). The season with the highest number of total roots was spring (65), and the lowest was winter (3). Season also had an effect on sprout total number, with 41 in summer, and 0 in autumn. In root length, spring was above other seasons, and summer was above other seasons in sprout length. Differences related to total roots were observed in IBA (53) and NAA (33).

The best season for stake collection would be spring, were the highest response was observed, and it wouldn't be necessary to discriminate among types of stake or phytohormone treatment, to maintain low production costs.

Key Words

Survival, rooting, sprouting, roots, sprouts, indolbutiric acid (IBA), naftalenacetic acid (NAA),

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es cada vez más importante lograr disminuir los costos en la producción animal. Los costos de mano de obra van en aumento, y son difíciles de reducir ya que no se puede llevar a cabo manejos adecuados si no se tiene personal capacitado para las labores. Por ello, se hace necesario disminuir los costos en otras áreas de la producción, como por ejemplo, en cercos para división de potreros, además de diversificar la producción y conservar los recursos escasos. Una forma de realizar esto es utilizar cercos vivos empleando especies nativas para este fin, lo que además evita realizar una intervención muy drástica en el ambiente.

El paisaje de Chile Central ha sido profundamente intervenido por el ser humano, produciendo una transformación que se inicia hace unos 500 años, afectando directamente la vegetación natural, la que ha sido sometida a procesos de degradación, poniendo a prueba la sobrevivencia de este ecosistema mediterráneo (Mujica, 2006).

La familia Asteraceae representa especies anuales, bianuales y perennes, siendo una de éstas la *Proustia cuneifolia* D. Don (Barkley *et al.*, 2006). Esta familia incluye unos 418 géneros y 2413 especies vegetales, distribuidos a nivel mundial especialmente en regiones áridas y semiáridas. En Chile existen 1018 especies pertenecientes a la familia Asteraceae y 9 especies pertenecientes al género *Proustia* (Belov, 2008).

La *Proustia cuneifolia* D. Don (huañil) es una especie nativa cuyas características podrían ser de gran utilidad para la división de potreros. En Chile está presente en suelos secos y laderas soleadas de los cerros, lechos secos de ríos y esteros (Hoffmann, 1998). Se puede encontrar desde la Región de Coquimbo hasta la Región de Araucanía.

Hoffmann (1998) la describe como un arbusto de 1 a 3 m de alto, con ramas rígidas, hojas de 6 a 8 cm de largo, duras, con borde entero, oblongas, atenuadas hacia la base; el extremo de las ramas se abre en ramificaciones horizontales, donde se ubican las inflorescencias correspondientes a cabezuelas blanco ceniciento o lila pálido que tienen de 1 a 1,5 cm de longitud. La floración ocurre normalmente entre diciembre y enero.

Esta especie, inserta de este modo en una asociación agroforestal podría traer beneficios al sistema productivo. Los sistemas agroforestales se orientan a permitir actividades productivas en condiciones de alta fragilidad, con recursos naturales degradados, mediante una gestión económica eficiente, alterando al mínimo la estabilidad ecológica, lo cual contribuye a alcanzar la sostenibilidad de los sistemas de producción y, como consecuencia, mejorar el nivel de vida de la población rural (WAFLA, 2009).

Los beneficios de un sistema agroforestal pueden ser diferentes para cada situación y región del mundo, algunos de estos son ampliamente reconocidos: mejor protección y mejoramiento del suelo, más de un tipo de cosecha o producto, lo cual les asegura una

mayor estabilidad y retornos económicos en el mediano y largo plazo; obtención de subproductos como leña, postes, miel y otros, que mejoraran la calidad de vida de los propietarios. El reconocido aumento en la eficiencia biológica de estos sistemas, ayuda a un incremento de la productividad no sólo para un productor, sino para toda la comunidad o región (WAFLA, 2009).

Según Gallardo *et al.* (1995), la *Proustia cuneifolia* es una especie que presenta un alto potencial melífero, lo que indica que su presencia en un predio puede derivar en una fuente de ingreso complementario para el productor de ganado, por tener la posibilidad de producir miel sin costos adicionales de manejo de las plantas.

La propagación vegetativa es una opción muy utilizada de reproducción de plantas. Comprende desde procedimientos sencillos, conocidos de tiempos inmemoriales por los campesinos de todo el mundo, hasta procedimientos tecnológicamente muy avanzados, basados en el cultivo de tejido vegetal, mediante el cual se puede lograr en un corto período la propagación masiva de plantas genéticamente homogéneas, mejoradas y libres de parásitos. La propagación vegetativa mediante segmentos de ramas o brotes es uno de los métodos más usados para propagar plantas leñosas en vivero. Es una práctica utilizada para multiplicar plantas con características genéticas deseables dentro de un período de tiempo corto (Vásquez *et al.*, 1997; Ali *et al.*, 2008).

Según Hartmann y Kester (1997), existen diversos factores que afectan la formación de raíces adventicias, como por ejemplo, el tipo de estaca, la época de su colecta, y las condiciones sanitarias y ambientales en las que se encuentran las estacas. También concluyen que estacas de madera dura tomadas a mediados de invierno, con yemas en estado de reposo, no enraízan, mientras que aquellas preparadas a principios del otoño o en la primavera, cuando las yemas están activas, muestran un fuerte efecto estimulador del arraigamiento.

Estos mismos autores indican que en algunos casos la época en que sean colectadas las estacas puede ejercer una gran influencia sobre el enraizamiento proporcionando así la clave del éxito. Señalan que es posible realizar la colecta en cualquier época, sin embargo, deben realizarse pruebas empíricas para determinar cual es la mejor época para llevar a cabo la recolección, lo cual está relacionado con las condiciones fisiológicas de la planta madre.

Las técnicas de propagación de especies leñosas por medio de cortes de ramas se dividen en dos tipos básicos: de segmentos foliados y de segmentos defoliados. Cada uno de éstos utiliza cortes de madera con un grado de maduración diferente, y como proceden de árboles de contrastante ciclo fenológico, esta diferencia se relaciona con la acumulación de reservas en los tejidos del tallo (Vásquez *et al.*, 1997).

Es necesario considerar que existen factores endógenos de la planta que pueden afectar el enraizamiento o brotación de las estacas, ya que las plantas poseen reguladores de crecimiento u hormonas que controlan diversos procesos biológicos. Las plantas tienen

programas de crecimiento de gran plasticidad, lo que se traduce en una amplia variedad de formas y hábitos de crecimiento (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

El funcionamiento normal de los organismos pluricelulares exige mecanismos precisos de regulación que permitan una perfecta coordinación de las actividades de sus células, tejidos y órganos, y además, debe ser capaz de percibir y responder a las fluctuaciones de su ambiente (Azcón-Bieto y Talón, 2008). El mecanismo de regulación más conocido es el sistema de señales químicas. En plantas, la comunicación química se establece fundamentalmente a través de hormonas. Cualquier órgano de la planta tiene capacidad para sintetizar hormonas. Sin embargo, es posible producir cambios en las plantas con aplicación exógena de hormonas sintéticas.

Según Lucas (2002) las auxinas forman un grupo muy importante de hormonas vegetales o fitohormonas. Son sustancias naturales que se producen en las partes de las plantas en fase de crecimiento activo y regulan muchos aspectos del desarrollo vegetal. Afectan al crecimiento del tallo, las hojas y las raíces y al desarrollo de ramas laterales y frutos. Las auxinas influyen en el crecimiento de estos órganos vegetales estimulando la elongación o alargamiento de ciertas células e inhibiendo el crecimiento de otras, en función de la cantidad de auxina en el tejido vegetal y su distribución. El ácido indol acético (AIA) es la forma predominante, sin embargo, evidencia reciente sugiere que existen otras auxinas indólicas naturales en plantas. Lucas (2002) también postuló que podían existir otros compuestos con propiedades similares. Además, descubrió que también era capaz de favorecer el crecimiento de las células el ácido indenoacético, el 2-benzofuranacético, el 3-benzofuranacético y el naftalen acético, entre otros, sintetizados artificialmente. Posteriormente, vio que otros compuestos que poseían anillo indólico también resultaban activos, como el ácido 3-indol pirúvico, y el indol butírico, y derivados del naftaleno como el ácido naftil-1-acético y el ácido naftoxi-2-acético.

Las hormonas sintéticas más útiles, descubiertas en 1935, son el ácido indol butírico (AIB) y el ácido naftalen acético (ANA) (Hartmann y Kester, 1997). El AIB también se encuentra de forma natural. Estas hormonas forman parte del grupo conocido como auxinas, las cuales son reguladas en la célula por mecanismos de síntesis o inactivación o conjugación con moléculas más pequeñas como alcoholes, amino ácidos o azúcares.

Es importante considerar que la posición o ubicación del órgano a cortar en la planta también influye en el contenido de hormona vegetal endógena que este contenga. Según Curtis (2007), el contenido de auxinas en ramas ubicadas en la zona más joven de la planta, cerca del ápice, presentan mayores concentraciones hormonales que ramas más basales aunque se encuentran en perfectas condiciones de salud.

Una gran variedad de factores afectan la propagación vegetativa de cada especie. Es necesario conocerlos y comprenderlos para lograr buenos resultados en la reproducción por estacas.

Por esto se ha planteado la siguiente hipótesis y objetivos:

Hipótesis

La época de cosecha, el tipo de estaca y la aplicación de hormonas influyen en la capacidad de enraizamiento de *Proustia cuneifolia* D. Don.

Objetivo General

Estudiar algunos factores que inciden en el enraizamiento de estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don.

Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto de la época de extracción de estacas en su capacidad de enraizamiento.
2. Determinar el efecto del tipo de estacas sobre la capacidad de enraizamiento de ellas.
3. Determinar el efecto de la aplicación de hormona en el enraizamiento de las estacas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. En este laboratorio se preparó el material vegetal y se mantuvo durante el período de ensayo, para luego proceder a su estudio. El lugar desde donde se obtuvo el material vegetal para la preparación de estacas fue la Estación Experimental Germán Greve, perteneciente a la Universidad de Chile, ubicada en Rinconada de Maipú, Región Metropolitana (33° 29' S, 70° 52' O). (Figura 1).



Figura 1. Ejemplar de *Proustia cuneifolia* D. Don en la Estación Experimental Germán Greve de la Universidad de Chile.

Metodología

Se cortó ramas completas de plantas adultas de *Proustia cuneifolia* D. Don, las cuales fueron seccionadas en su base para facilitar el transporte del material al laboratorio.

En el laboratorio, las ramas fueron cortadas para obtener estacas de la zona apical y de la zona media, respectivamente. Todas las estacas fueron cortadas con 8 yemas. En la zona media, se seleccionaron aquellas de mayor diámetro, correspondiente a 0,8 cm; y 0,6 cm para las estacas de la zona apical. Luego las estacas fueron separadas en grupos para aplicar los distintos tratamientos hormonales.

Se colectó estacas en cuatro épocas del año: otoño, invierno, primavera y verano. Las estacas colectadas en otoño se encontraban sin hojas, al igual que las estacas de invierno, y aquellas colectadas en primavera ya presentaban yemas brotadas, con desarrollo de hojas

nuevas. Las estacas colectadas en verano presentaban formación de hojas completa en los ápices de sus ramas.

Se aplicó ácido indolbutírico (AIB) en una concentración de 1000 ppm durante una hora a un grupo de estacas; otro grupo fue tratado con un producto comercial en polvo en base a ácido naftalenacético (ANA) en una concentración de 4000 ppm, y un tercer grupo se mantuvo en agua como testigo, sin tratamiento hormonal. Posteriormente las estacas fueron plantadas en macetas de plástico negras con un sustrato compuesto de arena y tierra de hoja en proporción 1:1. Las temperaturas fluctuaron entre 15 y 28 °C en el laboratorio en donde se mantuvo el material. Este procedimiento se aplicó en las cuatro épocas de colecta de material.

Las estacas permanecieron durante dos meses en las macetas y posteriormente se procedió a extraerlas y medir las siguientes variables:

- Número de raíces
- Número de brotes
- Longitud de raíces
- Longitud de brotes

Además, se determinó el porcentaje de enraizamiento y el porcentaje de brotación de las estacas. También se midió el porcentaje de sobrevivencia incluyendo además de las estacas con presencia de raíces y brotes a aquellas que no las presentaron, pero que al cortarlas por la mitad se observó que las estructuras de conducción estaban verdes y húmedas (Figura 2).



Figura 2. a) Corte de estaca viva, las estructuras están verdes y húmedas. b) Corte de estaca muerta, madera completamente seca en el interior.

El porcentaje de enraizamiento se determinó mediante la suma del total de estacas que presentaron raíces en relación al total de estacas del estudio. El porcentaje de brotación de determinó mediante la suma de estacas que presentaron brotación de yemas aéreas en relación al total de estacas del estudio.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

El diseño experimental consistió en un modelo completamente al azar con estructura factorial 4*2*3 (4 Épocas de cosecha; 2 Tipos de estacas y 3 tratamientos hormonales), con 20 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue la estaca. Los tratamientos se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados a estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don.

Tratamiento	Época de Cosecha	Zona de la Planta	Hormona
1	Invierno	Media	Sin hormona
2	Invierno	Media	c/ Ácido Indolbutírico
3	Invierno	Media	c/ Ácido naftalenacético
4	Invierno	Apical	Sin hormona
5	Invierno	Apical	c/ Ácido Indolbutírico
6	Invierno	Apical	c/ Ácido naftalenacético
7	Primavera	Media	Sin hormona
8	Primavera	Media	c/ Ácido Indolbutírico
9	Primavera	Media	c/ Ácido naftalenacético
10	Primavera	Apical	Sin hormona
11	Primavera	Apical	c/ Ácido Indolbutírico
12	Primavera	Apical	c/ Ácido naftalenacético
13	Verano	Media	Sin hormona
14	Verano	Media	c/ Ácido Indolbutírico
15	Verano	Media	c/ Ácido naftalenacético
16	Verano	Apical	Sin hormona
17	Verano	Apical	c/ Ácido Indolbutírico
18	Verano	Apical	c/ Ácido naftalenacético
19	Otoño	Media	Sin hormona
20	Otoño	Media	c/ Ácido Indolbutírico
21	Otoño	Media	c/ Ácido naftalenacético
22	Otoño	Apical	Sin hormona
23	Otoño	Apical	c/ Ácido Indolbutírico
24	Otoño	Apical	c/ Ácido naftalenacético

El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y = \mu + E_i + Z_j + H_k + \text{Interacciones} + \xi_{ijkl}$$

Donde:

Y = Respuesta

μ = Promedio General

E_i = Efecto Época ($i = 1, 2, 3$)

Z_j = Efecto Tipo de Estaca ($j = 1, 2$)

H_k = Efecto Tratamiento Hormonal ($k = 1, 2, 3$)

Interacciones = Interacciones entre los factores

ξ_{ijkl} = Error experimental ($l = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$)

Una vez obtenidos los resultados se procedió a los análisis de normalidad mediante la prueba de Anderson-Darling, y homogeneidad mediante la prueba de Bartlett, utilizando el programa MINITAB Statistical Software 13.32, comprobando la normalidad y homogeneidad de los datos.

Posteriormente se procedió a realizar un Análisis de Varianzas (ANDEVA) utilizando el mismo programa estadístico, y en los casos donde se presentaron diferencias significativas entre tratamientos se aplicó la Prueba de Comparaciones Múltiples Student-Newman-Keuls (SNK) (Montgomery, 1991). Para los valores presentados en porcentaje, se realizó previamente una conversión a grados Bliss mediante transformación angular.

RESULTADOS

Sobrevivencia

El total de las estacas que se encontraban vivas, considerando estacas enraizadas, estacas brotadas y estacas sin estructuras, correspondió a un 67,3 % de las utilizadas (323). Este valor considera todas las estacas, sin diferenciar por época, tipo de estaca o tratamiento hormonal.

Enraizamiento

Las estacas enraizadas fueron 106, correspondiendo al 32,8 % de las estacas que se encontraban vivas (323), y a un 22 % de las estacas totales (480). Esto es sin diferenciar entre época de cosecha, tipo de estaca y tratamiento hormonal.

Brotación de Estacas

Este grupo de datos corresponde a las estacas que sobrevivieron y que además presentaron brotes, sin diferenciar estacas enraizadas de las que no enraizaron. Las estacas brotadas fueron en total 80, esto es, un 24,8 % del total de estacas sobrevivientes, y un 16,7 % de las estacas totales del ensayo.

En este grupo solo 12 estacas presentaron además raíces. Estas estacas con ambas estructuras corresponden al 11,3 % de las estacas enraizadas, al 3,7 % de las estacas vivas y al 2,9 % del total de estacas utilizadas en este ensayo.

Análisis de las Variables

A continuación se presentan los datos obtenidos en cuanto a porcentaje de sobrevivencia, enraizamiento y brotación, además de las variables número de raíces totales por tratamiento, número de brotes totales por tratamiento, longitud de raíces promedio por tratamiento y longitud de brotes promedio por tratamiento, según los factores época de cosecha, tipo de estaca y tratamiento hormonal. También se analizó la combinación de los factores mencionados anteriormente.

Época de Cosecha

Sobrevivencia, Enraizamiento y Brotación

Al analizar los porcentajes de sobrevivencia de acuerdo a cada época (Cuadro 2), se puede observar que hay una mayor proporción de estacas sobrevivientes en otoño por sobre las otras épocas de cosecha, siendo la menor en primavera. A pesar de esto, la sobrevivencia no es un factor que pueda asegurar que las estacas logren un desarrollo adecuado en un corto plazo. Sin embargo, el valor de sobrevivencia indica el máximo de estacas que podrán presentar desarrollo posterior de raíces y brotes, por lo tanto, es muy importante contar con un adecuado número inicial de estacas que puedan desarrollarse posteriormente.

Cuadro 2. Porcentaje de sobrevivencia, enraizamiento y brotación de estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don., según época de cosecha.

Época	Sobrevivencia (%)	Enraizamiento (%)	Brotación (%)
Invierno	59,2 c	1,6 d	30,8 a
Primavera	55,0 d	48,3 a	8,3 b
Verano	73,3 b	28,3 b	25,8 a
Otoño	81,7 a	10,0 c	0,0 c

Letras distintas en una misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$).

En relación al porcentaje de enraizamiento de las estacas, existen diferencias entre los tratamientos (Cuadro 2). En primavera casi la mitad de las estacas en estudio presentó raíces, en cambio las estacas obtenidas en invierno casi no presentaron raíces.

La época de cosecha tiene un efecto significativo sobre el desarrollo de brotes aéreos en la estaca. La mayor respuesta se obtuvo en estacas cosechadas durante la época de invierno y verano, y la menor respuesta fue en otoño en donde no se presentaron brotes. Además en primavera los resultados fueron bastante bajos. Estos resultados son opuestos a los obtenidos en porcentaje de enraizamiento, ya que la mayor respuesta para esa variable fue en primavera. En muy pocos casos se desarrollaron ambas estructuras simultáneamente en este ensayo.

Número de Raíces y Brotes, Longitud de Raíces y Brotes

Se puede observar que la época de recolección de estacas tiene una gran influencia sobre el número de raíces que se forman en las estacas, presentando la mayor respuesta la primavera (Cuadro 3). También se puede observar que existe un efecto opuesto sobre el número de brotes en las estacas, reflejándose claramente en los valores de invierno y primavera. La

época que presentó mayor número de brotes fue verano, sin embargo, otoño no presentó brote alguno, seguido de primavera que presentó un número bajo de brotes totales.

Cuadro 3. Efecto de la época de cosecha de estacas sobre el desarrollo de raíces y brotes en estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don.

Época	Número total de raíces por tratamiento	Número total de brotes por tratamiento	Longitud promedio de raíces (cm) por tratamiento	Longitud promedio de brotes (cm) por tratamiento
Otoño	12 c	0 d	0,03 b	0,00 c
Invierno	3 c	35 b	0,00 b	0,24 b
Primavera	65 a	9 c	0,09 a	0,04 c
Verano	36 b	41 a	0,06 b	0,27 a

Letras distintas en una misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

Al analizar la longitud promedio de raíces del total de estacas enraizadas por tratamiento, el único que presentó diferencias fue la primavera, con la mayor longitud promedio (cm), siendo además, la época con mayor desarrollo de raíces. Para longitud de brotes, el mayor valor se obtuvo en verano, al igual que en número de brotes, no encontrándose diferencias entre otoño y primavera.

Tipo de Estaca

Sobrevivencia, Enraizamiento y Brotación

Los valores de sobrevivencia alcanzados según el tipo de estaca utilizado demuestran que existen diferencias ($P=0,009$; Anexo 1, página 46), en donde las estacas obtenidas de la zona media presentan el mayor valor de sobrevivencia (71,7 %), a diferencia de las estacas de la zona apical que presentaron un 62,9 %. Estos resultados no diferencian entre estacas de distintas épocas ni entre tratamientos hormonales.

En cuanto a enraizamiento de estacas, no hubo diferencias entre tratamientos ($P=0,253$; Anexo 1, página 49). Las estacas obtenidas de la zona media presentaron 24,2 % de enraizamiento, lo que no fue significativamente superior en relación a las estacas enraizadas provenientes de la zona apical, que alcanzaron un 20%.

En porcentaje de brotación, sin discriminar entre época de cosecha y tratamiento hormonal, no existieron diferencias entre tratamientos ($P=0,596$; Anexo 1, página 52). El mayor valor de porcentaje de brotación se logró en estacas de la zona media con un 19,2 %, pero no significativamente superior a las estacas de la zona apical (13,3 %).

Número de Raíces y Brotes, Longitud de Raíces y Brotes

No existen diferencias entre los dos tipos de estaca para la variable número de raíces desarrolladas (Cuadro 4). Sin embargo, se observan diferencias en número de brotes, en donde el tratamiento con estacas medias presentó el mayor número de brotes totales. La longitud de brotes promedio no varía significativamente (0,05 cm estacas de la zona media y 0,04 cm apicales). En cuanto a longitud de raíces, no se observaron diferencias entre los tratamientos (0,13 cm ambos tipos de estaca).

Cuadro 4. Efecto del tipo de estaca sobre el desarrollo de raíces y brotes en estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don.

Tipo	Número total de raíces por tratamiento	Número total de brotes por tratamiento
Media	63 a	51 a
Apical	53 a	34 b

Letras distintas en una misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

Tratamiento Hormonal

Sobrevivencia, Enraizamiento y Brotación

Al analizar el porcentaje de sobrevivencia según tratamiento hormonal sin considerar el efecto de época de cosecha ni tipo de estaca (Cuadro 5), se aprecia que el tratamiento sin aplicación de hormona presentó la mayor sobrevivencia en relación a ambos tratamientos con aplicación de hormonas, mostrando diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro 5. Porcentaje de sobrevivencia, enraizamiento y brotación de estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don., según tratamiento hormonal.

Tratamiento Hormonal	Sobrevivencia (%)	Enraizamiento (%)	Brotación (%)
Sin hormona	72,5 a	28,8 a	16,3 a
AIB	68,1 b	19,4 a	26,9 a
ANA	61,2 c	18,1 a	5,6 a

Letras distintas en una misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

No se encontró diferencias en porcentaje de enraizamiento, como se puede observar en el Cuadro 5. Esto se puede deber principalmente al bajo número de estacas que enraízan en el total de estacas del estudio.

No se observan diferencias entre tratamientos para porcentaje de brotación (Cuadro 5), independiente de la época de cosecha y tipo de estaca. Esto es similar a lo que ocurre con el porcentaje de enraizamiento de estacas según tratamiento hormonal

Número de Raíces y Brotes, Longitud de Raíces y Brotes

Al analizar el efecto de aplicación de hormonas se observó claramente un efecto positivo sobre número de raíces (Cuadro 6). Los tratamientos que presentaron el menor número de raíces fueron el tratamiento testigo (sin aplicación de hormona) y el tratamiento con enraizante comercial en base a ácido naftalen acético. El tratamiento con un número de raíces significativamente mayor fue el tratamiento con aplicación de ácido indolbutírico. Sin embargo, no se observó un efecto de la aplicación de hormona sobre la longitud de raíces.

Cuadro 6. Efecto del tratamiento hormonal sobre el desarrollo de raíces y brotes en estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don.

Hormona	Número total de raíces por tratamiento	Número total de brotes por tratamiento	Longitud promedio de raíces (cm) por tratamiento	Longitud promedio de brotes (cm) por tratamiento
Sin Hormona	30 b	49 a	0,04 a	0,29 a
AIB	53 a	28 b	0,05 a	0,07 b
ANA	33 b	8 c	0,05 a	0,04 c

Letras distintas en una misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

También se observó una respuesta en cuanto al número de brotes, pero fue prácticamente inversa a la obtenida en raíces, presentando el mayor número de brotes el tratamiento sin hormona, donde la menor respuesta fue en el tratamiento con aplicación de ácido naftalen acético (ANA). En cuanto a longitud de brotes, se observó una respuesta significativamente mayor en el tratamiento sin hormona y menor en el tratamiento con ANA.

Efecto de la Época de Cosecha con el Tipo de Estaca

Sobrevivencia

No hubo diferencias en los valores de sobrevivencia obtenidos para las combinaciones de los factores época y tipo de estaca (Cuadro 7).

Cuadro 7. Porcentaje de sobrevivencia de estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don., según época de cosecha y tipo de estaca.

Época / Tipo	Media	Apical
Invierno	63,3 a	55,0 a
Primavera	60,0 a	50,0 a
Verano	76,7 a	70,0 a
Otoño	86,7 a	76,7 a

Letras distintas en una misma fila o columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

El mayor valor de sobrevivencia se observa en la época de otoño con estacas de la zona media, sin embargo, no hay diferencias entre los tratamientos que indiquen que este tratamiento tendría una respuesta comparativamente superior.

Enraizamiento

Al analizar conjuntamente los factores época y tipo de estaca (Cuadro 8), no se observaron diferencias entre tratamientos, probablemente debido a una variabilidad muy alta en las muestras utilizadas.

Cuadro 8. Porcentaje de enraizamiento de estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don., según época de cosecha y tipo de estaca.

Época/Tipo	Media	Apical
Invierno	1,7 a	1,7 a
Primavera	55,0 a	41,7 a
Verano	25,0 a	31,7 a
Otoño	15,0 a	5,0 a

Letras distintas en una misma fila o columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

Brotación

No se presentaron diferencias entre tratamientos para los factores época de cosecha con tipo de estaca (Cuadro 9). La mayor brotación de yemas se obtuvo en las estacas cosechadas en invierno de la zona media. Sin embargo, en estacas del mismo tipo pero cosechadas en primavera, los valores fueron bastante bajos. No hubo brotación de estacas en otoño.

Cuadro 9. Porcentaje de brotación de estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don., según época de cosecha y tipo de estaca.

Época/Tipo	Media	Apical
Invierno	40,0 a	21,6 a
Primavera	8,3 a	8,3 a
Verano	28,3 a	23,3 a
Otoño	0,0 a	0,0 a

Letras distintas en una misma fila o columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

Número de Raíces y Brotes, Longitud de Raíces y Brotes

Los datos presentes en el Cuadro 10 son aquellos obtenidos por el efecto conjunto de la época de cosecha con el tipo de estaca, sin diferenciar por tratamiento hormonal, sobre las variables número de raíces y número de brotes.

En cuanto a longitud de raíces (0,0 cm en invierno con ambos tipos de estaca, hasta 0,09 cm en primavera con estacas de la zona media) y longitud de brotes (0,0 cm en otoño con ambos tipos de estaca, hasta 0,27 cm en verano con estacas apicales), no se encontraron diferencias entre tratamientos.

Cuadro 10. Efecto de la época de cosecha con el tipo de estaca sobre el desarrollo de raíces y brotes en estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don.

Época	Tipo	Número total de raíces por tratamiento	Número total de Brotes por tratamiento
Invierno	Media	2 d	21 a
	Apical	1 d	14 b
Primavera	Media	37 a	5 b
	Apical	28 b	4 b
Verano	Media	15 cd	25 a
	Apical	21 bc	16 b
Otoño	Media	9 cd	0 b
	Apical	3 d	0 b

Letras distintas en una misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

Al analizar la variable Número de raíces (Cuadro 10), se observa claramente un efecto conjunto entre época de cosecha y tipo de estaca.

En relación a Número de Brotes, solo se observan diferencias en el tratamiento de invierno de la zona media y verano de la zona media, sin embargo, no hay diferencias entre los demás tratamientos. Para los valores de Longitud de raíces y Longitud de brotes, no hay diferencias entre los tratamientos para ninguna variable. Esto concuerda con los resultados observados en los factores analizados de manera independiente.

Efecto de la Época de Cosecha con Tratamiento Hormonal

Sobrevivencia

Al analizar los tratamientos considerando los factores época de cosecha con tratamiento hormonal (Cuadro 11), se pueden observar diferencias entre tratamientos. Además, se puede observar que existe interacción entre los factores.

Cuadro 11. Porcentaje de sobrevivencia de estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don., según época de cosecha y tratamiento hormonal.

Época/Hormona	Sin Hormona	AIB	ANA
Invierno	67,5 d	62,5 e	47,5 g
Primavera	42,5 h	67,5 d	55,0 f
Verano	85,0 b	75,0 c	60,0 e
Otoño	95,0 a	67,5 d	82,5 b

Letras distintas en una misma fila o columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

Al observar los resultados dentro de cada época en invierno, verano y otoño, el tratamiento con mayor sobrevivencia fue el testigo, en cambio en la época de primavera la mayor respuesta se presentó en el tratamiento con hormona AIB (ácido indol butírico). El tratamiento con mayor porcentaje de sobrevivencia dentro del total de tratamientos fue la época de otoño sin tratamiento hormonal. La menor respuesta se observó en primavera sin tratamiento hormonal.

Enraizamiento

Al analizar los datos del Cuadro 12, se determina que no existen diferencias entre los tratamientos al considerar ambos factores época de cosecha y tratamiento hormonal. El mayor valor de porcentaje de enraizamiento se obtuvo en estacas cosechadas en primavera con tratamiento hormonal de ácido indol butírico (AIB). Al igual que en el tratamiento época de cosecha con tipo de estaca, esta respuesta puede haberse debido a que es necesario utilizar un mayor número de repeticiones para representar mejor el fenómeno.

Cuadro 12. Porcentaje de enraizamiento de estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don., según época de cosecha y tratamiento hormonal.

Época / Hormona	Sin Hormona	AIB	ANA
Invierno	5,0 a	0,0 a	0,0 a
Primavera	37,5 a	62,5 a	45,0 a
Verano	22,5 a	40,0 a	22,5 a
Otoño	12,5 a	12,5 a	5,0 a

Letras distintas en una misma fila o columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

Brotación

Para la combinación de los factores época de cosecha y tratamiento hormonal, no se encontraron diferencias entre tratamientos para porcentaje de brotación (Cuadro 13). El mayor valor de porcentaje de brotación se logró en estacas cosechadas en verano sin tratamiento hormonal. En las estacas cosechadas en otoño no se observó respuesta en ninguno de los tratamientos hormonales.

Cuadro 13. Porcentaje de brotación de estacas según época de cosecha y tratamiento hormonal.

Época / Hormona	Sin Hormona	AIB	ANA
Invierno	42,5 a	45,0 a	5,0 a
Primavera	5,0 a	7,5 a	12,5 a
Verano	60,0 a	12,5 a	5,0 a
Otoño	0,0 a	0,0 a	0,0 a

Letras distintas en una misma fila o columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

Número de Raíces y Brotes, Longitud de Raíces y Brotes

Los datos presentes en el Cuadro 14 representan el efecto conjunto de la época de cosecha con tratamiento hormonal sobre las variables número de raíces y número de brotes, sin diferenciar entre estacas de la zona media y apical. En cuanto a los resultados obtenidos en longitud de raíces y longitud de brotes, no se encontraron diferencias para los distintos tratamientos.

Cuadro 14. Efecto de la época de cosecha con tratamiento hormonal sobre el desarrollo de raíces y brotes en estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don.

Época	Hormona	Número total de raíces por tratamiento	Número total de Brotes por tratamiento
Invierno	Sin Hormona	3 de	16 a
	AIB	0 e	18 a
	ANA	0 e	1 b
Primavera	Sin Hormona	13 bcd	1 b
	AIB	32 a	3 b
	ANA	20 b	5 b
Verano	Sin Hormona	9 cde	32 a
	AIB	16 bc	7 b
	ANA	11 bcde	2 b
Otoño	Sin Hormona	5 cde	0 b
	AIB	5 cde	0 b
	ANA	2 de	0 b

Letras distintas en una misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

Para la variable Número de Raíces se observa que hay diferencias según época de cosecha con tratamiento hormonal, entre los tratamientos de primavera con las otras épocas, y dentro del tratamiento primavera. La mayor respuesta se obtiene con el tratamiento de primavera con la hormona ácido indol butírico (AIB), sin embargo, este tratamiento hormonal no tiene efecto en las otras épocas, ya que en otoño, invierno y verano no hay diferencias entre ellas ni entre los tratamientos hormonales en cada época. Esto podría indicar que para seleccionar estacas de distintas épocas para su uso en propagación vegetativa, no sería necesario utilizar un tratamiento hormonal para estimular un mayor desarrollo de raíces, debido a su bajo efecto en las épocas de verano, otoño e invierno, y solo en primavera el efecto sería más notorio.

Al analizar la variable Número de brotes, se observa una mayor respuesta en el tratamiento de invierno, con menor respuesta en las estacas tratadas con ácido naftalen acético (ANA), pero también hay mayor número de brotes en la época de verano sin tratamiento hormonal.

La longitud de raíces varía entre 0,0 cm en estacas de invierno con todos los tratamientos hormonales, hasta 0,11 cm en primavera con hormona ANA, pero sin presentar diferencias entre ellas. Lo mismo ocurre en cuanto a longitud de brotes, cuyos valores varían entre 0,0 cm en otoño con los tres tratamientos hormonales, y 0,45 cm en invierno con tratamiento testigo.

Efecto del Tipo de Estaca con Tratamiento Hormonal

Sobrevivencia

Para los factores tipo de estaca con tratamiento hormonal (Cuadro 15), no se observaron diferencias entre tratamientos.

Cuadro 15. Porcentaje de sobrevivencia de estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don., según tipo de estaca y tratamiento hormonal.

Tipo / Hormona	Sin Hormona	AIB	ANA
Media	72,5 a	75,0 a	67,5 a
Apical	72,5 a	61,2 a	55,0 a

Letras distintas en una misma fila o columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

Enraizamiento

El porcentaje de enraizamiento para los factores tipo de estaca con aplicación de hormona (Cuadro 16), no mostró diferencias entre tratamientos.

Cuadro 16. Porcentaje de enraizamiento de estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don., según tipo de estaca y tratamiento hormonal.

Tipo / Hormona	Sin Hormona	AIB	ANA
Media	18,8 a	33,8 a	20,0 a
Apical	20,0 a	23,8 a	16,3 a

Letras distintas en una misma fila o columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

Este resultado confirma lo obtenido en el análisis de cada factor de manera independiente, en donde no se observaron diferencias entre tratamientos hormonales para porcentaje de enraizamiento, ni para tipo de estaca. No ocurre un efecto combinado de ambos factores que permita determinar si un tratamiento logra mayor respuesta que otro en estacas de esta especie. Podría ser necesario utilizar un mayor número de repeticiones para observar con mayor claridad una diferencia entre tratamientos.

Brotación

Al igual que en los tratamientos anteriores, no se observaron diferencias al considerar tipo de estaca con tratamiento hormonal para porcentaje de brotación (Cuadro 17). Tampoco se observó un efecto de interacción entre ambos factores. El mayor valor lo presentó el tratamiento con estacas de la zona media y sin tratamiento hormonal, y el menor valor se obtuvo en la misma época con el enraizante comercial en base a ácido naftalen acético.

Cuadro 17. Porcentaje de brotación de estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don., según tipo de estaca y tratamiento hormonal.

Tipo / Hormona	Sin Hormona	AIB	ANA
Media	32,5 a	21,3 a	3,8 a
Apical	21,3 a	11,3 a	7,5 a

Letras distintas en una misma fila o columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

Es probable que dada la alta variabilidad, al igual que en el tratamiento anterior, sea necesario utilizar un mayor número de repeticiones para poder representar con mayor claridad el fenómeno de la interacción entre el tipo de estaca y el tratamiento hormonal aplicado.

Número de Raíces y Brotes, Longitud de Raíces y Brotes

En el Cuadro 18 se pueden observar los resultados obtenidos en estacas según el tipo de estaca con tratamiento hormonal, sobre las variables número de raíces, número de brotes, longitud de raíces y longitud de brotes.

Cuadro 18. Efecto del tipo de estaca con tratamiento hormonal sobre el desarrollo de raíces y brotes en estacas de *Proustia cuneifolia* D. Don.

Tipo	Hormona	Número total de raíces por tratamiento	Número total de Brotes por tratamiento	Longitud promedio de Raíces (cm) por tratamiento	Longitud promedio de Brotes (cm) por tratamiento
Media	Sin	15 b	31 a	0,03 a	0,33 a
	AIB	31 a	17 b	0,06 a	0,04 a
	ANA	17 b	3 c	0,05 a	0,02 a
Apical	Sin	15 b	18 a	0,04 a	0,24 a
	AIB	22 ab	11 b	0,04 a	0,10 a
	ANA	16 b	5 c	0,04 a	0,06 a

Letras distintas en una misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$)

Para la variable Número de raíces en los distintos tipos de estaca, se observa que solo hay diferencias significativas entre los tratamientos con aplicación de AIB. La mayor respuesta se obtuvo en el tratamiento de estacas de la zona media con AIB.

En cuanto a número de brotes, hubo diferencias entre tratamientos pero no se observa un efecto de interacción entre los factores. La mayor respuesta se presentó en estacas sin tratamiento hormonal, independiente del tipo de estaca, tal como se pudo observar al analizar las estacas solo con el factor tratamiento hormonal. La menor respuesta se presentó en estacas con aplicación de ANA.

Para las variables Longitud de Raíces y Brotes, no hay diferencias en ningún tratamiento, al igual que en los tratamientos anteriores, analizando los factores de manera independiente o en conjunto.

DISCUSIÓN

Existen muchos factores que afectan las variables sobrevivencia, enraizamiento y brotación, medidas en las estacas, que podrían explicar los resultados obtenidos en la presente memoria. Estos factores pueden variar de acuerdo a la época de cosecha, tipo de estaca y aplicación de fitohormonas sobre las estacas, los que podrían producir cambios en otros factores propios de la planta, tales como cambios en las concentraciones hormonales de las estacas, contenido de reservas de las estacas, entre otros. Sin embargo, estos factores no genéticos no necesariamente persistirán a lo largo de la vida de la planta (Hartman y Kester, 1997). Esto se puede observar en el valor de sobrevivencia del total de estacas, en donde el valor obtenido en el presente estudio (67,3 %) fue menor al obtenido por Norambuena (2005) con la misma especie (87,5 %) (Anexo III, página 63), sin embargo, es probable que la diferencia se deba a que ese estudio se realizó en condiciones de desarrollo más controladas, con el uso de camas calientes, facilitando el desarrollo de las estacas.

Época de Cosecha

La época de cosecha afecta de manera diferente a las variables medidas. En cuanto a sobrevivencia, el efecto está relacionado al estado de dormancia en el cual se puede encontrar la estaca. Las especies de hoja caduca tienen este mecanismo de protección antes los períodos o épocas de adversidad climática.

Las estacas de invierno se encontraban en el período de reposo vegetativo, lo que podría haber tenido un efecto en la sobrevivencia (Cuadro 2) debido a que los tejidos no pudieron responder de manera adecuada al cambio en la dominancia apical debido al corte, y a la aplicación de hormonas. La dormancia se puede observar en las yemas, dado que es un tejido meristemático que se encuentra sin actividad celular. El estado de dormancia se puede definir como un estado de la planta en el que el tejido meristemático no se encuentra en crecimiento o elongación (Viémont y Crabbé, 2000).

Sin embargo, las estacas obtenidas en otoño tuvieron la mayor respuesta a sobrevivencia a pesar de encontrarse en estado de dormancia, por lo que se podría haber esperado una menor respuesta, sin embargo, por encontrarse en ese estado durante un período menor a las estacas de invierno, es posible que hayan podido volver a un estado de actividad fisiológica mayor de modo de responder adecuadamente. Balestri y Lardicci (2006) señala que la asimilación de nutrientes es alta a fines de otoño y comienzos de invierno, cuando las concentraciones en la columna de agua son altas y la demanda de la planta por nutrientes es baja, y disminuye hacia fines de primavera a verano. Esto pudo facilitar una mejor respuesta de las estacas en otoño.

Los bajos valores de sobrevivencia obtenidos durante la época de primavera pudieron deberse a que las estacas se encontraban saliendo del estado de dormancia, por lo que aún no se encontraban en un estado de respuesta adecuado, pero aumentando paulatinamente hasta alcanzar la época de verano. En verano los valores aumentaron ya que las estacas se encontraban en un período de mayor actividad fisiológica, pudiendo responder mejor.

Dado que el mayor porcentaje de estacas enraizadas (Cuadro 2) se presentó en primavera, seguida del verano, y la menor proporción de estacas enraizadas se obtuvo en invierno, el mejor resultado en primavera se pudo deber a que las estacas se encontraban en la salida del receso invernal, habiendo mayor actividad celular, y un mayor uso de los asimilados presentes en el tejido vascular. Una menor respuesta en los períodos de otoño e invierno se pudo deber a una baja actividad celular debido a que se encontraban entrando en dormancia o ya estaban en ese estado en el cual hay baja o nula actividad celular (Hartman y Kester, 1997). Estos efectos pudieron verse reflejados además en el número de raíces por tratamiento y longitud de raíces (Cuadro 3). Esto no significa que estas estacas se verán imposibilitadas de desarrollar raíces, sino que se demorarán más tiempo en desarrollarlas, ya que esto ocurrirá una vez que terminen su período de receso.

Estos resultados no concuerdan con lo obtenido por Godoy (2008), en *Ugni molinae* Turcz (murtilla), quien estudió dos épocas de colecta, otoño y primavera, en donde observó mayor respuesta en la época de otoño con un 87,5% de enraizamiento de estacas, y solo un 50% en primavera. Los resultados obtenidos por Godoy (2008) en murtilla (*Ugni molinae*), para número de raíces muestran que otoño supera a primavera.

Los resultados obtenidos en *Proustia cuneifolia* demuestran que durante primavera se logra una mayor respuesta en cuanto a número de raíces (Cuadro 3). Esto puede deberse a que en esta época las estacas ya han iniciado una rápida activación celular por encontrarse en un estado de rompimiento del receso invernal. Se desarrolla un mayor número de raíces, sin embargo, durante el período de análisis éstas no alcanzaron a desarrollar una adecuada longitud. Esto podría deberse a que las células aún se encontraban en un estado de división celular activo y no han comenzado el proceso de elongación celular que tiene como función el crecimiento celular (Azcon- Bieto y Talón, 2008).

Para número de brotes (Cuadro 3), existen diferencias entre tratamientos según época de cosecha. El mayor número de brotes se obtuvo en verano, seguido de invierno. También hubo diferencias entre tratamientos para longitud de brotes, donde la mayor longitud se logró en verano, seguido de invierno. Una alta brotación en invierno puede deberse a que las estacas fueron capaces de estimular el crecimiento del tejido meristemático de estructuras que ya se encontraban formadas, esto es, las yemas. Sin embargo, requiere de una mayor cantidad de energía para el desarrollo de estructuras nuevas, como raíces, siendo más fácil su desarrollo en primavera, una vez que la estaca se encuentra entrando en un estado de actividad celular mayor.

Según Hartmann y Kester (1997), es posible obtener estacas de especies deciduas durante todo el año, sin embargo, cuando las yemas de la estaca se encuentran en un período de dormancia, puede ocurrir inhibición de la producción de raíces. Esto podría explicar por qué durante otoño e invierno se presentó un porcentaje de enraizamiento bajo.

La diferencia entre el desarrollo de raíces y brotes en cada época puede deberse a que naturalmente en las plantas ocurre competencia entre estructuras, como entre las células de la base y las yemas apicales de la estaca. Esta competencia ocurre por la diferencia en la capacidad de las células para reconocer señales, como por ejemplo, señales hormonales, que activan una ruta particular de diferenciación (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

Tipo de Estaca

En cuanto a tipo de estaca, se encontraron diferencias en sobrevivencia. El efecto de la posición de la estaca sobre la planta madre es conocido comúnmente como topofisis, refiriéndose a la zona de obtención o tipo de estaca. Esto está fuertemente relacionado con la ciclofisis, la cual se refiere a la edad o estado fisiológico de la planta (Ulrich, 1963; Hartmann y Kester, 1997). En este caso, la posición de la estaca, ya sea media o apical, está directamente relacionada con su edad, ya que la estaca media es de una temporada anterior a las estacas de la zona apical. Esto tendría una influencia sobre la respuesta de las estacas, reflejándose en diferencias en sobrevivencia, en donde una mayor cantidad de reservas pudo permitir una mejor adecuación al cambio en las estacas de la zona media por sobre las estacas de la zona apical. Las estacas de la zona media son estacas con una mayor cantidad de reservas y tejido más maduro, esto por la edad que tienen, lo que les permite tolerar mejor a la pérdida de agua.

Ríos *et al.* (2005), estudiaron *Castanea sativa* Mill. (castaño), con distintos diámetros de estaca y determinaron que no existían diferencias significativas en relación a la sobrevivencia, pero observaron una ligera tendencia al aumento en sobrevivencia al aumentar el diámetro de las estacas, al igual que en el presente estudio. Esto se podría explicar por una mayor cantidad de tejido de reserva y mayor desarrollo y lignificación de los tejidos protectores que evitan la desecación.

Santelices y Bobadilla (1997), estudiaron en *Quillaja saponaria* Mol., el porcentaje de sobrevivencia usando tres tipos de estacas, sin encontrar diferencias entre las estacas medias (44%) y apicales (14%), pero sí hubo diferencias entre las estacas apicales y basales (48%). Estos valores son muy inferiores a los obtenidos en *Proustia cuneifolia*, donde sí hubo diferencias entre los tratamientos apical y media.

No se observaron diferencias entre tipo de estaca para porcentaje de enraizamiento en *Proustia cuneifolia*. Santelices y Bobadilla (1997) en *Quillaja saponaria* no encontraron diferencias entre estacas obtenidas de la zona basal (41%) y media (40 %) en cuanto a enraizamiento, pero sí con las estacas obtenidas de la zona apical (19 %), donde observaron una menor respuesta. Resultados obtenidos por Ali *et al.* (2008), en estacas de *Berberis aristata* DC mostraron que estacas obtenidas de la zona apical de la planta tuvieron un mayor porcentaje de enraizamiento (24,17 %) que aquellas estacas obtenidas de la zona media (12,5 %) y de la zona basal de la planta (8,75 %). Esto difiere con lo encontrado en *Proustia cuneifolia*, donde no se encontraron diferencias entre tratamientos.

En cambio Delgado *et al.* (2008), encontraron en estacas de Taique (*Desfontainia spinosa*) que no existían diferencias entre estacas obtenidas de la zona apical de la planta y de la zona media, para porcentaje de enraizamiento, igual que lo obtenido en este estudio. Godoy (2008) tampoco encontró diferencias entre estacas de primer (70,8 %) y segundo (66,7 %) orden en Murtilla (*Ugni molinae* Turcz). El autor describe estacas de primer y segundo

orden según la zona de obtención de la estaca en la planta, por lo que es un concepto que se puede asimilar al usado en el presente estudio como tipo de estaca.

No hubo diferencias entre tratamientos para porcentaje de brotación en *Proustia cuneifolia*. Delgado *et al.* (2008), encontraron que en estacas de Taique (*Desfontainia spinosa*) no existían diferencias entre aquellas obtenidas de la zona apical de la planta y estacas tomadas de la zona media, para brotación de estacas. Ali *et al.* (2008), en *Berberis aristata* encontraron mayor respuesta en estacas de la zona apical (58,85% de brotación), que en la zona basal (22,57%). Estos valores son bastante superiores a los obtenidos en *Proustia cuneifolia*, donde además, la mayor respuesta se vio en estacas de la zona media y no en las apicales.

No se observaron diferencias entre tratamientos en relación a número de raíces (Cuadro 4), pero sí se presentaron diferencias entre los tipos de estaca para número de brotes, pero no hubo diferencias en la longitud de brotes. Un mayor número de brotes se pudo deber a los factores mencionados anteriormente, donde estacas de la zona media presentan un mayor grado de madurez y un mayor contenido de reservas, lo que le permite un mejor desarrollo de los brotes.

Estudios realizados por Ríos *et al.* (2005) en castaño, con distintos diámetros de estaca mostraron que para la variable número de raíces no existían diferencias entre tratamientos, sin embargo, se pudo observar una ligera tendencia al aumento de número de raíces al aumentar el diámetro de las estacas. Estos resultados son similares a lo obtenido en este estudio, donde tampoco se observaron diferencias significativas entre tratamientos para número de raíces. Para longitud de raíces, los mismos autores no encontraron diferencias entre tratamientos según diámetro de estacas lo que concuerda con los resultados obtenidos en *Proustia cuneifolia*.

Según Clavo y De la Torre (1997), quienes estudiaron el desarrollo de brotes en estacas de piñón blanco (*Jathropa sp.*), con estacas de distinto diámetro, encontró que no hubo diferencias significativas entre tratamientos al analizar número de brotes. Tampoco encontró diferencias entre tratamientos para longitud de brotes, lo que coincide con lo encontrado en *Proustia cuneifolia*, sin embargo, en esta especie sí hubo diferencias entre estacas de la zona media y de la zona apical en relación a número de brotes. Al analizar número de raíces, el mismo autor no encontró diferencias entre tratamientos, al igual que en el presente estudio, en donde las estacas de la zona media y apical, tampoco presentaron diferencias entre ellas.

Tratamiento Hormonal

En cuanto a sobrevivencia (Cuadro 5), la mayor respuesta se observó en estacas sin tratamiento hormonal, y la menor en estacas tratadas con ANA. Lo que podría estar relacionado con el efecto estimulante de las hormonas sobre el crecimiento celular y desarrollo de nuevas estructuras, probablemente agotando las reservas de agua y nutrientes de la estaca, causando una menor sobrevivencia en las estacas tratadas con fitohormonas.

Norambuena (2005), en la misma especie, no encontró diferencias entre el efecto del AIB y estacas sin tratar para sobrevivencia. Los valores son superiores a los obtenidos en el presente estudio. Esto se puede deber a las mayores temperaturas que podrían favorecer la sobrevivencia y el desarrollo de las raíces por el sistema de camas calientes utilizado por Norambuena en su estudio.

Delgado *et al.* (2008) obtuvieron altos valores de sobrevivencia en Taique (*Desfontainia spinosa*) con distintos tratamientos hormonales, con un promedio de 93 % para distintas concentraciones de AIB, siendo el menor valor el de las estacas sin tratamiento hormonal, con un 77 %. Esto es opuesto a lo obtenido en *Proustia cuneifolia*. En Tapa (*Laureliopsis philippiana*), los mismos autores obtuvieron un 85 % promedio de sobrevivencia a 120 días de la plantación con distintas concentraciones de hormona AIB (0, 1000 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, 4000 ppm), esto es el doble de tiempo que permanecieron las estacas de *Proustia cuneifolia*, las cuales presentaron como máximo un 72,5 % de sobrevivencia a los 60 días, en estacas sin tratamiento hormonal. Es importante considerar además que las dos especies estudiadas por Delgado *et al.* (2008) son especie de un ambiente más favorable al hábitat en donde normalmente se desarrolla la *Proustia cuneifolia*, encontrándose desde la VII a la XII regiones, en donde los recursos no tienen las mismas limitaciones que en un ambiente de secano mediterráneo de la zona central del país (Hoffmann, 1998). Esto podría permitirles adaptarse mejor a las condiciones de propagación vegetativa que la especie del presente estudio.

Los resultados obtenidos por Figueroa (2004) muestran altos valores de sobrevivencia de estacas de *Nothofagus dombeyi* con aplicación de distintas concentraciones de AIB. No hubo diferencias entre el tratamiento testigo y los tratamientos con 500, 1500 y 3000 ppm de AIB. En *Proustia cuneifolia* el testigo demostró ser significativamente superior al tratamiento con 1000 ppm de AIB y al tratamiento con ANA en polvo comercial.

Sin embargo, las distintas especies pueden tener distintas respuestas a la aplicación de fitohormonas, es por esto que es necesario realizar ensayos para determinar estos efectos en las especies que se desean analizar (Hartmann y Kester, 1997).

En relación a enraizamiento de estacas (Cuadro 5), no se observaron diferencias entre tratamientos, por lo que es importante considerar los resultados observados en número de raíces y longitud de raíces para el tratamiento hormonal.

Los resultados obtenidos por Delgado *et al.* (2008) en relación al porcentaje de estacas enraizadas de la especie Taique (*Desfontainia spinosa*), con tratamiento de hormona AIB en distintas concentraciones, mostraron un mayor porcentaje (67 %) en estacas con 1000 ppm de AIB respecto a las estacas testigo (38 %). Con las otras concentraciones de AIB (2500 ppm y 4000 ppm), obtuvieron mayores valores de enraizamiento. Esto podría indicar que sería importante probar mayores concentraciones de AIB en *Proustia cuneifolia*, las que podrían incrementar el número de estacas con raíces. Sin embargo, en *Leucospermum patersonii*, Castillo (2001) obtuvo un mayor porcentaje solo hasta las 2000 ppm de AIB, resultando reducciones del porcentaje de enraizamiento con valores de 4000 ppm. Comportamiento similar se observó en *Leucadendron discolor*.

También Figueroa (2004) en estacas de *Nothofagus dombeyi* con aplicación de distintas concentraciones de AIB, obtuvo la mayor respuesta con aplicación de 3000 ppm de AIB, y la menor respuesta fue en el tratamiento testigo y no hubo grandes diferencias entre el tratamiento de 500 ppm, 1500 ppm y el testigo.

En la especie Tapa (*Laureliopsis philippiana*), Delgado *et al.* (2008) obtuvieron bajos porcentajes de enraizamiento similares a los obtenidos en *Proustia cuneifolia* D. Don., pero con distintas concentraciones de AIB, (7 % testigo y 17 % con 1000 ppm de AIB). Las mayores concentraciones usadas (hasta 4000 ppm), produjeron mayores valores de enraizamiento, pero no lograron superar el 33 %. Esto podría indicar que hay especies más susceptibles a los tratamientos hormonales, y en algunas especies no produce una mayor diferencia el uso de estos compuestos, pueden existir otros factores más importantes que el tratamiento hormonal, como por ejemplo, la época de cosecha de las estacas y las condiciones de la planta madre, entre otros.

Resultados obtenidos por Ali *et al.* (2008) en estacas de *Berberis aristata*, demostraron que la mejor respuesta se logró en estacas con 5000 ppm de AIB, sin presentar grandes diferencias entre los tratamientos con 2500 y 7500 ppm de AIB. A pesar que las concentraciones de AIB aplicadas por Ali *et al.* (2008) fueron muy superiores a las aplicadas en *Proustia cuneifolia*, solo logró grandes diferencias el tratamiento con 5000 ppm, ya que los tratamientos con 2500 y 7500 ppm, fueron similares a los tratamientos con 1000 ppm de AIB y el tratamiento con ANA en el presente estudio.

Resultados obtenidos por Santelices y Bobadilla (1997), en *Quillaja saponaria* y *Peumus boldus*, con distintas concentraciones de AIB, no mostraron diferencias significativas entre los diversos tratamientos para ambas especies, pudiendo relacionarse esto con factores propios de cada especie, como su sensibilidad a la aplicación de hormonas vegetales.

En cuanto a porcentaje de brotación (Cuadro 5), no se observaron diferencias, lo que puede estar directamente relacionado con los resultados de enraizamiento, debido a que como no hubo un mayor efecto de las hormonas sobre la formación de raíces, es probable que tampoco lo haya tenido sobre el desarrollo de brotes.

En estudios realizados por Ali *et al.* (2008) con estacas de *Berberis aristata* y aplicación de distintas concentraciones de AIB, encontraron que la mayor brotación (55 %) se logró con aplicación de 5000 ppm de AIB, y la menor en estacas sin aplicación de hormona (18,9 %). Sin embargo, al aumentar la dosis a 7500 ppm de AIB, la brotación desciende a 36,7 %, que es inferior a lo obtenido con 2500 ppm (42,2 %). Por lo tanto, al aumentar la dosis de AIB podría haber un efecto negativo sobre el desarrollo de brotes, debido a que esta hormona es una auxina con efecto enraizante, principalmente.

Como se mencionó anteriormente, no todas las especies responden de la misma manera a los tratamientos hormonales, es por esto que es de gran importante considerar la respuesta de cada especie vegetal a las distintas hormonas, y en lo posible, a distintas concentraciones de hormonas, para determinar cuál es el que permitirá obtener la respuesta deseada de la planta.

Delgado *et al.* (2008) observaron diferencias en el número de raíces de Taique (*Desfontainia spinosa*) logrando mayores valores con 1000 ppm de AIB por sobre el tratamiento testigo, al igual que lo obtenido en el presente estudio. Lo mismo encontró en longitud de raíces, sin embargo, esto difiere a lo encontrado en *Proustia cuneifolia*, en donde no hubo diferencias en la longitud promedio de raíces. Podría ser necesario permitir a las estacas desarrollarse durante más tiempo en la maceta para observar diferencias entre los tratamientos.

Según datos obtenidos por Figueroa (2004), quien analizó el efecto del AIB sobre estacas de *Nothofagus dombeyi*, en distintas concentraciones, obtuvo como resultado que no existen diferencias entre el testigo y la aplicación de AIB a 500, 1500 y 3000 ppm, para el número de raíces. Esto es contrario a lo obtenido en *Proustia cuneifolia*, en donde se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos testigo y con aplicación de AIB, no así en estacas con ANA, donde no hubo diferencias con el tratamiento sin aplicación de hormona. El mismo autor tampoco encontró diferencias significativas entre estos tratamientos para longitud de raíces. Esto concuerda con lo obtenido en *Proustia cuneifolia*, en donde no hubo diferencias significativas en cuanto a longitud de raíces con tratamiento hormonal.

Según Santelices y Cabello (2006), estudiaron el efecto de diferentes concentraciones de AIB en estacas de *Nothofagus glauca*. No hubo diferencias significativas entre tratamientos para la variable número de raíces, en las estacas con aplicación de hormona, sin embargo, el testigo presentó los valores más bajos en relación a los otros tratamientos. Pero al analizar la longitud de raíces (cm), no hubo diferencias entre tratamientos. Santelices y Bobadilla (1997), quienes estudiaron diferentes concentraciones de AIB en estacas de *Quillaja saponaria*, no encontraron diferencias entre tratamientos para número de raíces, y tampoco para longitud de raíces.

En muchos casos el enraizamiento, es decir, la formación de raíces adventicias en la base de la estaca o esqueje, es un proceso natural, pero hay especies recalcitrantes en que se ha comprobado que la aplicación de AIA y auxinas sintéticas, como AIB y ANA estimulan el

enraizamiento. La formación de raíces adventicias en estacas y esquejes es un proceso que consta de al menos dos etapas: la formación de primordios de raíz a partir de ciertas células susceptibles y el crecimiento de las raíces. Ambas etapas requieren de auxinas, pero en cada una de ellas las necesidades son diferentes y dependen de la especie (Azcon-Bieto y Talón, 2008).

Hubo diferencias entre tratamientos según tratamiento hormonal para número de brotes y para longitud de brotes (Cuadro 6), donde el mayor número de brotes se presentó en el tratamiento sin hormona y la mayor longitud también. También hubo diferencias en cuanto a número de raíces. Las hormonas AIB y ANA son las hormonas sintéticas más comúnmente usadas para la estimulación de raíces en propagación vegetativa (Hartman y Kester, 1997). Es por esto que se esperaba obtener mayor respuesta en relación a porcentaje de enraizamiento, pero sí se puede notar un efecto en cuanto a número de raíces y brotes.

El efecto de cortar la rama y convertirla en estaca produce un cambio en la dominancia apical, ya que se pierde la influencia del ápice de la planta madre y de las otras ramas de la planta. La dominancia apical se produce por altas concentraciones de auxinas provenientes del ápice, que se mueven en forma basípeta a lo largo de la planta, a través del floema, principalmente, o a través de células no vasculares, como las células del cambium y células parcialmente diferenciadas asociadas al floema (Azcón – Bieto y Talón, 2008).

Según datos obtenidos por Delgado *et al.* (2008), no hubo diferencias significativas entre distintos tratamientos de concentraciones hormonales con AIB para Taique (*Desfontainia spinosa*) y Tapa (*Laureliopsis philippiana*), en relación a longitud de brotes, en donde el mayor valor se obtuvo en estacas sin aplicación de hormona. Esto se repite en *Proustia cuneifolia* D. Don., con tendencia a mayores valores sin aplicación de hormona. En cuanto a número de brotes, obtuvo mayores valores en estacas sin tratamiento hormonal, al igual que en *Proustia cuneifolia*.

Época de Cosecha con Tipo de Estaca

No existen diferencias entre tratamientos en época de cosecha con tipo de estaca para porcentaje de sobrevivencia (Cuadro 7), porcentaje de enraizamiento (Cuadro 8) y porcentaje de brotación (Cuadro 9), a pesar de que en cuanto a los factores independientes, la época tiene gran influencia sobre estas variables.

Esto se muestra también al observar el Cuadro 10, en donde la única variable que presentó diferencias fue el número de raíces, siendo mayor en primavera con estacas de la zona media, seguida de las estacas de la zona apical. Acá no se aprecia realmente un efecto de interacción entre los factores, por lo que es probable que al considerar sólo el efecto de la época de cosecha se obtienen los mismos resultados.

Tampoco se observó un efecto sobre el número y longitud de brotes, por lo que en este caso, el efecto de la época de cosecha podría verse disminuido al considerar los dos tipos de estacas.

Sería de mayor importancia considerar los resultados obtenidos en el análisis de factores independientes para tomar una decisión sobre el momento de cosecha y el tipo de estaca a cosechar.

Época de Cosecha con Tratamiento Hormonal

La mayor sobrevivencia en otoño sin hormona (Cuadro 11) se puede observar incluso en el análisis de los factores individuales, donde otoño supera a las otras épocas y el tratamiento sin hormona supera a las otras dos en cuanto a sobrevivencia. Esto puede deberse a los mismos factores mencionados anteriormente con cada factor individual.

Castillo (2001), analizó el porcentaje de sobrevivencia en verano y otoño para *Leucospermum patersonii* y *Leucadendron discolor* con distintas concentraciones de AIB, incluyendo uno con 1000 ppm de AIB, y un tratamiento testigo, sin aplicación de hormona. Sus resultados fueron superiores a los obtenidos en *Proustia cuneifolia*, pero se observa la misma tendencia a ser mayores en otoño por sobre otras épocas en ambos estudios con los tratamientos sin aplicación de hormona, no así en estacas con aplicación de AIB, donde no se observaron diferencias en *Proustia cuneifolia* entre otoño y primavera. Para la especie *Leucospermum patersonii* hubo diferencias importantes entre ambas épocas pero no así para *Leucadendron discolor*. En *Proustia cuneifolia* D. Don., los mayores valores de sobrevivencia de estacas sin aplicación de hormona se lograron en las épocas de verano y otoño, y los más bajos en primavera e invierno. Además, existen diferencias en todas las épocas para el tratamiento con 1000 ppm de AIB, lográndose el mayor valor de sobrevivencia en verano.

Doll *et al.* (2003), analizó la sobrevivencia de estacas de matico (*Buddleja globosa*) en dos épocas y distintas concentraciones de AIB. Encontró mayores diferencias entre otoño y primavera para el tratamiento sin hormona. Estos resultados son similares a los obtenidos en *Proustia cuneifolia* D. Don. donde se obtuvieron altos valores de sobrevivencia en otoño sin aplicación de hormona, seguido de los otros dos tratamientos hormonales, y fue más bajo en primavera, pero manteniendo la superioridad del tratamiento con AIB.

En los Cuadros 12 y 13 se puede observar que no hay un efecto de la época de cosecha y el tratamiento hormonal sobre el porcentaje de enraizamiento y el de brotación, al igual que en el tratamiento de estacas según época de cosecha y tipo de estaca. Podría ser necesario el uso de una mayor cantidad de repeticiones para apreciar de manera más clara el efecto de estos factores sobre las variables mencionadas.

Los resultados obtenidos por Doll *et al.* (2003) en Matico (*Buddleja globosa*), estudian las épocas de otoño y primavera con distintas concentraciones de AIB. Determinaron que el mayor porcentaje de enraizamiento se logra en primavera, con un 83 % de enraizamiento al aplicar 100 ppm de AIB. En el tratamiento testigo también obtuvieron la mayor respuesta en primavera, con un 55 % de enraizamiento, pero sin grandes diferencias con el otoño. Estos resultados respaldan lo obtenido en *Proustia cuneifolia*., donde la primavera con AIB fue el tratamiento con mayor cantidad de estacas enraizadas.

Existen diferencias entre tratamientos para época de cosecha con tratamiento hormonal en cuanto a número de raíces (Cuadro 14). Los valores obtenidos en verano con AIB no se

alejan mucho de lo obtenido en primavera, y los valores más bajos fueron en invierno y otoño, independiente del tratamiento hormonal. Esto muestra que el efecto de la aplicación hormonal no es muy significativo para estas épocas, sin embargo, demuestran importancia durante primavera y verano donde superan significativamente a los tratamientos sin hormona, especialmente el tratamiento con AIB. Esto puede deberse a que el efecto de la dormancia es más fuerte que el estímulo provocado por la aplicación de hormonas exógenas, por lo que al entrar a un estado de mayor actividad celular en primavera y verano, las estacas responden de manera positiva a la aplicación de auxinas.

No existen diferencias para la variable longitud de raíces con estos factores, por lo que se puede suponer que la aplicación de hormonas tiene un efecto sobre la formación de raíces pero no sobre su crecimiento, en esta especie. Hemos mencionado anteriormente que las especies pueden reaccionar de distinta manera a los tratamientos hormonales, por lo que es importante destacar los resultados en *Proustia cuneifolia*. Además, la longitud de las raíces en los distintos tratamientos era muy baja, por lo que puede ser necesario esperar un período más largo de tiempo para poder encontrar diferencias en cuanto a esta variable.

Doll *et al.* (2003), en matico (*Buddleja globosa*) estudiaron la longitud de raíces en relación a época de cosecha y tratamiento hormonal. Entre las épocas de otoño y primavera, logró la mayor longitud de raíces en primavera, con valores muy similares entre estacas tratadas con 1000 ppm de AIB y estacas sin aplicación de hormonas. En otoño no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. En *Proustia cuneifolia* D. Don no se presentaron diferencias entre los tratamientos.

Tipo de Estaca con Tratamiento Hormonal

El tipo de estaca no mostró diferencias en su respuesta al tratamiento hormonal (Cuadro 15) debido a que pueda que no existan diferencias en relación a los receptores de hormona en los tejidos de cada una, es decir, no hay diferencias en cuanto a su sensibilidad hacia los tipos y niveles de hormonas aplicadas. Las células de los distintos tejidos de la planta tienen receptores para las distintas sustancias hormonales producidas en ella, cada órgano presenta una sensibilidad diferente a la auxina (Azcón-Bieto y Talón, 2008). Es probable que sea necesario aplicar concentraciones mayores de hormona para observar un efecto más notorio sobre el porcentaje de enraizamiento y brotación, así como también sobre la sobrevivencia.

En cuanto a porcentaje de enraizamiento (Cuadro 16) y porcentaje de brotación (Cuadro 17), la aplicación de hormonas no tiene un efecto de interacción que produzca que las estacas medias y apicales se diferencien, ya que estos factores por si solos tampoco presentan diferencias para ambos tipos de estacas. Esto podría indicar que la aplicación de hormonas no tiene un efecto sobre la cantidad de estacas que enraízan, la cual podría estar más relacionada a la época de cosecha que a la aplicación de hormonas.

Sin embargo, las hormonas tienen un efecto sobre el número de raíces formadas en las estacas que logran desarrollarlas (Cuadro 18), donde la mayor respuesta se presentó en estacas de la zona media con tratamiento AIB, seguidas por estacas de la zona apical con AIB, aunque ésta no presenta diferencias con los otros tratamientos. La aplicación de hormonas con el tipo de estaca tampoco tiene un efecto sobre la longitud de raíces, al igual que en los tratamientos analizados anteriormente.

Las diferencias entre estacas para número de brotes (Cuadro 18) pudo deberse a que en estacas sin tratamiento hormonal no hubo un efecto exógeno de auxinas. Las auxinas estimulan el desarrollo de raíces en las estacas, produciendo un movimiento mayor de energía y reservas a la formación de raíces, desfavoreciendo el desarrollo de brotes. Al no recibir un estímulo exógeno de auxinas, los testigos pueden desarrollar brotes, esto considerando que además han perdido el efecto inhibitorio de la dominancia apical al haber sido cortado el ápice durante la formación de las estacas. La dominancia apical se produce con la liberación de auxinas como el ácido indolacético (AIA) desde los tejidos meristemáticos del ápice y transportados hacia la base, inhibiendo la formación de brotes a partir de las yemas laterales (Cline, 1997). No existe un efecto sobre la longitud de los brotes (Cuadro 18).

Delgado *et al.* (2008), determinaron que para las variables número de raíces, longitud de raíz principal, número de brotes y largo de brotes, en la especie Taique (*Desfontainia spinosa*), no hay diferencias entre estacas obtenidas de la zona apical y de la zona media de la planta, aun con tratamiento hormonal de AIB a distintas concentraciones, con un tratamiento testigo sin aplicación hormonal. El autor explica que esto se puede ver influenciado por la escasa diferencia de lignificación de las estacas apicales y medias. Esto se diferencia de lo obtenido en *Proustia cuneifolia* en cuanto a número de raíces y brotes.

Observando los resultados obtenidos en el presente estudio, es posible realizar las siguientes sugerencias o recomendaciones para estudios futuros:

1. Para lograr una mayor representatividad de los fenómenos estudiados, sería necesario aumentar el tamaño muestral a 600 plantas totales, con 25 repeticiones por tratamiento, de modo de eliminar errores estadísticos (Anexo IV, página 64).
2. Se podrían realizar ensayos con distintas concentraciones de ácido indol butírico, de modo de encontrar una concentración que exprese de mejor manera los resultados, considerando además un mayor número de repeticiones en el tratamiento.
3. En el análisis según tipo de estacas podría ser útil incorporar como un tercer tratamiento el uso de estacas de la zona basal.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten concluir lo siguiente:

Sobre el enraizamiento de estacas de *Proustia cuneifolia*, la mejor época para la cosecha sería en primavera, la cual obtuvo la mejor respuesta en cuanto a número total de raíces en comparación a las otras épocas, entre otras variables medidas.

El tipo de estaca no sería un factor importante a considerar al realizar propagación vegetativa en *Proustia cuneifolia*, debido a su bajo efecto sobre la formación de raíces.

El tratamiento hormonal solo muestra un efecto considerable en la época de primavera, sin lograr diferencias en las otras épocas estudiadas, por lo que solo sería importante considerarlo cuando las estacas se cosechen en la época señalada.

Por lo tanto, el mejor tratamiento de enraizamiento sería la selección de estacas en primavera, sin diferenciar entre estacas de la zona media o apical, y sin tratamiento hormonal, para mantener los costos de producción bajos.

BIBLIOGRAFÍA

ALI, M., MALI, A. R., RAI SHARMA, K. 2008. Vegetative propagation of *Berberis aristata* DC., an endangered himalayan shrub. Journal of Medicinal Plants Research, Vol. 2, N° 12, pp 374-377, December 2008.

AZCÓN-BIETO, J., TALÓN, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2ª Edición, McGraw-Hill – Interamericana de España, Madrid, España. 650 páginas.

BALESTRI, E., LARDICCI, C. 2006. Stimulation of root formation in *Posidonia oceanica* cuttings by application of auxins (NAA and IBA). Marine Biology, 2006, Vol. 149, pp 393-400.

BARKLEY, T., BROUILLET, L., STROTHER, J. 2006. Flora of North America. Vol. 19, 20 and 21. páginas 2-13, 16, 70.

BELOV, M. 2008. Base de datos Chileflora. Disponible en www.chileflora.com. Leído el 20 de Diciembre de 2008.

BHATTACHARYYA, G.K; JOHNSON, R.A.1977. Statistical Concepts and Methods. John Wiley & Sons. New York. pp 262 – 275.

CASTILLO, C. 2001. Evaluación de la propagación de estacas de *Leucospermum patersonii* y *Leucadendron discolor* mediante el uso de cuatro dosis de ácido indol butírico en verano y otoño. Taller de Licenciatura. Área de Hortalizas y Flores, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso, 54 páginas.

CLAVO, M., DE LA TORRE, M. 1997. Capacidad de propagación vegetativa de cinco especies arbóreas para cercos ganaderos con postes vivos en la zona de Pucallpa. Revista Investigaciones Pecuarias, Enero – Julio 1997, Vol. 8, N° 1.

CLINE, M. 1997. Concepts and terminology of apical dominance. American Journal of Botany, Vol. 84, N° 9, páginas 1064-1069, 1997.

CURTIS, H. 2007. Biología. 7ª Edición. Editorial Panamericana. 1160 páginas.

DELGADO, M., CUBA, M., HECHENLEITNER, P., THIERS, O. 2008. Propagación vegetativa de Taique (*Desfontainia spinosa*) y Tapa (*Laureliopsis philippiana*) con fines ornamentales. Bosque, Vol. 29, N° 2, 120-126.

DOLL, U., VOGEL, H., JELDRES, P., MUÑOZ, M. 2003. Estudios de propagación vegetativa en matico (*Buddleja globosa*). Ciencia e Investigación Agraria, Vol. 30, N° 3, Septiembre – Diciembre, páginas 210-215.

FIGUEROA, H. 2004. Propagación vegetativa de *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. mediante el enraizamiento de estacas. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 39 páginas.

GALLARDO, M., FAUNDEZ, L., JOHNSTON, M. 1995. Estimación del potencial melífero y polínifero de la vegetación natural de ambiente mediterráneo. Revista Simiente, Vol. 65, N° 4, 1995.

GODOY, E. 2008. Efecto del orden de la estaca y época de colecta en la tasa de enraizamiento adventicio en Murtilla (*Ugni molinae* Turcz). Memoria de Título, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 26 páginas.

HARTMANN, T., KESTER. 1997. Plant propagation: Principles and practices. 6th Edition. Prentice – Hall, New Jersey, USA. 770 páginas.

HOFFMANN J., A. 1998. Flora silvestre de Chile, zona Central. Cuarta Edición. Ediciones Fundación Claudio Gay, Santiago, Chile. 254 páginas.

LUCAS, E. 2002. Auxinas. Instituto Médico Howard Hughes. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos10/auxinas/auxinas.shtml>. Leído el 20 de Febrero de 2009.

MONTGOMERY, D. 1991. Diseño y Análisis de Experimentos. Editorial Iberoamericana, México. 589 páginas.

MUJICA, A. 2006. Flora nativa altoandina. Revista de Extensión de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal UC. Número 27, Enero de 2006, Páginas 30-33.

NORAMBUENA M., C. 2005. Ensayo de propagación vegetativa mediante estacas de *Escallonia illinita* (K. Presl), *Muehlenbeckia hastulata* (J. E. Sm) Johnst y *Proustia cuneifolia* (D. Don), pertenecientes a la flora nativa de Chile. Memoria de Título, Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad de Talca, Chile, 60 páginas.

RÍOS, D., ÁVILES, F., SÁNCHEZ-OLATE, M., ESCOBAR, R. 2005. Variación de la tasa de enraizamiento asociada al número de subcultivos y diámetro de microtallos de castaño *Castanea sativa* Mill. Agricultura Técnica, Vol. 65, N°3, Julio – Septiembre 2005, pág. 258-264.

SANTELICES, R., BOBADILLA, C. 1997. Arraigamiento de estacas de *Quillaza saponaria* Mol. y *Peumus boldus* Mol. En: Bosque, Vol. 18, N° 2, pág. 77-85. Disponible en: <http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v18n2/art08.pdf>. Leído el 8 de Marzo de 2009.

SANTELICES, R., CABELLO, A. 2006. Efecto del ácido indolbutírico, del tipo de la cama de arraigamiento, del sustrato, y del árbol madre en la capacidad de arraigamiento de estacas de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. En: Revista Chilena de Historia Natural, Vol. 79, N° 1, páginas 55-64, Marzo 2006.

ULRICH, F. 1963. The relation of vegetative propagation to topophysis, cyclophysis, and periphysis in forest trees. 10th Northeastern Forest Tree Improvement Conference, Durham NH. Disponible en: <http://www.rngr.net/Publications>. Leído el 21 de Agosto de 2009.

VÁSQUEZ, C., OROZCO, A. ROJAS, M., SÁNCHEZ, M., CERVANTES, V. 1997. La reproducción de las plantas: Semillas y mersitemos. Fondo de Cultura Económica, México D.F., México. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/lcpt157.htm>. Leído el 20 de Diciembre de 2008.

VIÉMONT, J.D.; CRABBÉ, J. 2000. Dormancy in plants: From whole plant behaviour to cellular control. CABI Publishing of CABI International, Wallingford, Oxon, UK. Disponible en: <http://books.google.cl/books?id=iYUmyC9DEgMC&printsec=frontcover#v=onepage&q=&f=false>. Leído el 24 de Agosto de 2009.

WAFLA. 2009. Agroforestería y manejo de agua en zonas áridas y semiáridas de latinoamérica. Conferencia Internacional WAFLA (Integrated water resource management by the implementation of improved agro-forestry concepts in arid and semi-arid areas in Latin-America) “Herramientas mejoradas para combatir la desertificación y la sequía: Sistemas agroforestales y de gestión integrada de recursos hídricos en zonas áridas y semiáridas de América Latina”. 21, 22 y 23 de Enero de 2009, CEPAL, Santiago, Chile.

ANEXO I

Análisis de datos para Porcentaje de Supervivencia, Porcentaje de Enraizamiento y Porcentaje de Brotación.

Cuadro 19. Transformación de Porcentaje de Supervivencia a Grados Bliss para Análisis de Varianzas.

Época	Tipo de estaca	Hormona	% Supervivencia	Grados Bliss
Invierno	Media	Sin	70	56.78
Invierno	Media	AIB	65	53.73
Invierno	Media	ANA	55	47.87
Invierno	Apical	Sin	65	53.73
Invierno	Apical	AIB	60	50.77
Invierno	Apical	ANA	40	39.23
Primavera	Media	Sin	40	39.23
Primavera	Media	AIB	75	60.00
Primavera	Media	ANA	65	53.73
Primavera	Apical	Sin	45	42.13
Primavera	Apical	AIB	60	50.77
Primavera	Apical	ANA	45	42.13
Verano	Media	Sin	85	67.21
Verano	Media	AIB	85	67.21
Verano	Media	ANA	60	50.77
Verano	Apical	Sin	85	67.21
Verano	Apical	AIB	65	53.73
Verano	Apical	ANA	60	50.77
Otoño	Media	Sin	95	77.08
Otoño	Media	AIB	75	60.00
Otoño	Media	ANA	90	71.57
Otoño	Apical	Sin	95	77.08
Otoño	Apical	AIB	60	50.77
Otoño	Apical	ANA	75	60.00

General Linear Model: % Sobrevivencia versus Época, Tipo de Estaca, Hormona

Factor	Type	Levels	Values
Época	fixed	4	Invierno Otoño Primavera Verano
Tipo	fixed	2	Apical Media
Hormona	fixed	3	AIB ANA Sin

Analysis of Variance for Grados B, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Época	3	1258.41	1258.41	419.47	32.86	0.000
Tipo	1	186.26	186.26	186.26	14.59	0.009
Hormona	2	259.19	259.19	129.59	10.15	0.012
Época*Tipo	3	5.48	5.48	1.83	0.14	0.930
Época*Hormona	6	849.02	849.02	141.50	11.08	0.005
Tipo*Hormona	2	92.48	92.48	46.24	3.62	0.093
Error	6	76.60	76.60	12.77		
Total	23	2727.44				

Expected Mean Squares, using Adjusted SS

Source	Expected Mean Square for Each Term
1 Época	(7) + Q[1, 4, 5]
2 Tipo	(7) + Q[2, 4, 6]
3 Hormona	(7) + Q[3, 5, 6]
4 Época*Tipo	(7) + Q[4]
5 Época*Hormona	(7) + Q[5]
6 Tipo*Hormona	(7) + Q[6]
7 Error	(7)

Error Terms for Tests, using Adjusted SS

Source	Error DF	Error MS	Synthesis of Error MS
1 Época	6.00	12.77	(7)
2 Tipo	6.00	12.77	(7)
3 Hormona	6.00	12.77	(7)
4 Época*Tipo	6.00	12.77	(7)
5 Época*Hormona	6.00	12.77	(7)
6 Tipo*Hormona	6.00	12.77	(7)

Variance Components, using Adjusted SS

Source	Estimated Value
Error	12.77

Least Squares Means for Grados B

Época	Mean	SE Mean
Invierno	50.35	1.459
Otoño	66.08	1.459
Primavera	48.00	1.459
Verano	59.48	1.459

Tipo	Mean	SE Mean
Apical	53.19	1.031
Media	58.76	1.031

Hormona			
AIB		55.87	1.263
ANA		52.01	1.263
Sin		60.06	1.263

Época* Tipo			
Invierno	Apical	47.91	2.063
Invierno	Media	52.79	2.063
Otoño	Apical	62.62	2.063
Otoño	Media	69.55	2.063
Primavera	Apical	45.01	2.063
Primavera	Media	50.99	2.063
Verano	Apical	57.24	2.063
Verano	Media	61.73	2.063

Época*Hormona			
Invierno	AIB	52.25	2.527
Invierno	ANA	43.55	2.527
Invierno	Sin	55.26	2.527
Otoño	AIB	55.38	2.527
Otoño	ANA	65.78	2.527
Otoño	Sin	77.08	2.527
Primavera	AIB	55.39	2.527
Primavera	ANA	47.93	2.527
Primavera	Sin	40.68	2.527
Verano	AIB	60.47	2.527
Verano	ANA	50.77	2.527
Verano	Sin	67.21	2.527

Tipo*Hormona			
Apical	AIB	51.51	1.787
Apical	ANA	48.03	1.787
Apical	Sin	60.04	1.787
Media	AIB	60.24	1.787
Media	ANA	55.98	1.787
Media	Sin	60.07	1.787

Cuadro 20. Transformación de Porcentaje de Enraizamiento a Grados Bliss para Análisis de Varianzas.

Época	Tipo de estaca	Hormona	% Enraizamiento	Grados Bliss
Invierno	Media	Sin	5	12,9
Invierno	Media	AIB	0	0,0
Invierno	Media	ANA	0	0,0
Invierno	Apical	Sin	5	12,9
Invierno	Apical	AIB	0	0,0
Invierno	Apical	ANA	0	0,0
Primavera	Media	Sin	40	39,2
Primavera	Media	AIB	65	53,7
Primavera	Media	ANA	60	50,8
Primavera	Apical	Sin	35	36,3
Primavera	Apical	AIB	60	50,8
Primavera	Apical	ANA	30	33,2
Verano	Media	Sin	15	22,8
Verano	Media	AIB	50	45,0
Verano	Media	ANA	10	18,4
Verano	Apical	Sin	30	33,2
Verano	Apical	AIB	30	33,2
Verano	Apical	ANA	35	36,3
Otoño	Media	Sin	15	22,8
Otoño	Media	AIB	20	26,6
Otoño	Media	ANA	10	18,4
Otoño	Apical	Sin	10	18,4
Otoño	Apical	AIB	5	12,9
Otoño	Apical	ANA	0	0,0

General Linear Model: % Enraizamiento versus Época, Tipo de estaca, Hormona

Factor	Type	Levels	Values
Época	fixed	4	Invierno Otoño Primavera Verano
Tipo	fixed	2	Apical Media
Hormona	fixed	3	AIB ANA Sin

Analysis of Variance for Grados B, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Época	3	5397.57	5397.57	1799.19	36.54	0.000
Tipo	1	78.66	78.66	78.66	1.60	0.253
Hormona	2	271.40	271.40	135.70	2.76	0.142
Época*Tipo	3	279.74	279.74	93.25	1.89	0.232
Época*Hormona	6	509.10	509.10	84.85	1.72	0.262
Tipo*Hormona	2	64.54	64.54	32.27	0.66	0.553
Error	6	295.42	295.42	49.24		
Total	23	6896.43				

Expected Mean Squares, using Adjusted SS

Source	Expected Mean Square for Each Term
1 Época	(7) + Q[1, 4, 5]
2 Tipo	(7) + Q[2, 4, 6]
3 Hormona	(7) + Q[3, 5, 6]
4 Época*Tipo	(7) + Q[4]
5 Época*Hormona	(7) + Q[5]
6 Tipo*Hormona	(7) + Q[6]
7 Error	(7)

Error Terms for Tests, using Adjusted SS

Source	Error DF	Error MS	Synthesis of Error MS
1 Época	6.00	49.24	(7)
2 Tipo	6.00	49.24	(7)
3 Hormona	6.00	49.24	(7)
4 Época*Tipo	6.00	49.24	(7)
5 Época*Hormona	6.00	49.24	(7)
6 Tipo*Hormona	6.00	49.24	(7)

Variance Components, using Adjusted SS

Source	Estimated Value
Error	49.24

Least Squares Means for Grados B

Época	Mean	SE Mean
Invierno	4.3067	2.865
Otoño	16.5233	2.865
Primavera	43.9967	2.865
Verano	31.4850	2.865

Tipo	Mean	SE Mean
Apical	22.2675	2.026
Media	25.8883	2.026

Hormona			
AIB		27.7750	2.481
ANA		19.6387	2.481
Sin		24.8200	2.481

Época* Tipo			
Invierno	Apical	4.3067	4.051
Invierno	Media	4.3067	4.051
Otoño	Apical	10.4500	4.051
Otoño	Media	22.5967	4.051
Primavera	Apical	40.0833	4.051
Primavera	Media	47.9100	4.051
Verano	Apical	34.2300	4.051
Verano	Media	28.7400	4.051

Época*Hormona			
Invierno	AIB	0.0000	4.962
Invierno	ANA	-0.0000	4.962
Invierno	Sin	12.9200	4.962
Otoño	AIB	19.7450	4.962
Otoño	ANA	9.2150	4.962
Otoño	Sin	20.6100	4.962
Primavera	AIB	52.2500	4.962
Primavera	ANA	41.9900	4.962
Primavera	Sin	37.7500	4.962
Verano	AIB	39.1050	4.962
Verano	ANA	27.3500	4.962
Verano	Sin	28.0000	4.962

Tipo*Hormona			
Apical	AIB	24.2250	3.508
Apical	ANA	17.3700	3.508
Apical	Sin	25.2075	3.508
Media	AIB	31.3250	3.508
Media	ANA	21.9075	3.508
Media	Sin	24.4325	3.508

Cuadro 21. Transformación de Porcentaje de Brotación a Grados Bliss para Análisis de Varianzas.

Época	Tipo de estaca	Hormona	% Brotación	Grados Bliss
Invierno	Media	Sin	65	53,73
Invierno	Media	AIB	55	47,87
Invierno	Media	ANA	0	0,0
Invierno	Apical	Sin	20	26,57
Invierno	Apical	AIB	35	36,27
Invierno	Apical	ANA	10	18,43
Primavera	Media	Sin	0	0,0
Primavera	Media	AIB	15	22,79
Primavera	Media	ANA	10	18,43
Primavera	Apical	Sin	10	18,43
Primavera	Apical	AIB	0	0,0
Primavera	Apical	ANA	15	22,79
Verano	Media	Sin	65	53,73
Verano	Media	AIB	15	22,79
Verano	Media	ANA	5	12,92
Verano	Apical	Sin	55	47,87
Verano	Apical	AIB	10	18,43
Verano	Apical	ANA	5	12,92
Otoño	Media	Sin	0	0,0
Otoño	Media	AIB	0	0,0
Otoño	Media	ANA	0	0,0
Otoño	Apical	Sin	0	0,0
Otoño	Apical	AIB	0	0,0
Otoño	Apical	ANA	0	0,0

General Linear Model: % Brotación versus Época, Tipo de Estaca, Hormona

Factor	Type	Levels	Values
Época	fixed	4	Invierno Otoño Primavera Verano
Tipo	fixed	2	Apical Media
Hormona	fixed	3	AIB ANA Sin

Analysis of Variance for Grados B, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Época	3	3600.2	3600.2	1200.1	9.66	0.010
Tipo	1	38.9	38.9	38.9	0.31	0.596
Hormona	2	826.6	826.6	413.3	3.33	0.107
Época*Tipo	3	47.4	47.4	15.8	0.13	0.940
Época*Hormona	6	2283.5	2283.5	380.6	3.07	0.099
Tipo*Hormona	2	240.3	240.3	120.2	0.97	0.432
Error	6	745.0	745.0	124.2		
Total	23	7782.0				

Expected Mean Squares, using Adjusted SS

Source	Expected Mean Square for Each Term
1 Época	(7) + Q[1, 4, 5]
2 Tipo	(7) + Q[2, 4, 6]
3 Hormona	(7) + Q[3, 5, 6]
4 Época*Tipo	(7) + Q[4]
5 Época*Hormona	(7) + Q[5]
6 Tipo*Hormona	(7) + Q[6]
7 Error	(7)

Error Terms for Tests, using Adjusted SS

Source	Error DF	Error MS	Synthesis of Error MS
1 Época	6.00	124.2	(7)
2 Tipo	6.00	124.2	(7)
3 Hormona	6.00	124.2	(7)
4 Época*Tipo	6.00	124.2	(7)
5 Época*Hormona	6.00	124.2	(7)
6 Tipo*Hormona	6.00	124.2	(7)

Variance Components, using Adjusted SS

Source	Estimated Value
Error	124.2

Least Squares Means for Grados B

Época	Mean	SE Mean
Invierno	30.4783	4.549
Otoño	-0.0000	4.549
Primavera	13.7400	4.549
Verano	28.1100	4.549

Tipo	Mean	SE Mean
Apical	16.8092	3.217
Media	19.3550	3.217

Hormona			
AIB		18.5188	3.940
ANA		10.6862	3.940
Sin		25.0413	3.940

Época* Tipo			
Invierno	Apical	27.0900	6.433
Invierno	Media	33.8667	6.433
Otoño	Apical	-0.0000	6.433
Otoño	Media	-0.0000	6.433
Primavera	Apical	13.7400	6.433
Primavera	Media	13.7400	6.433
Verano	Apical	26.4067	6.433
Verano	Media	29.8133	6.433

Época*Hormona			
Invierno	AIB	42.0700	7.879
Invierno	ANA	9.2150	7.879
Invierno	Sin	40.1500	7.879
Otoño	AIB	0.0000	7.879
Otoño	ANA	-0.0000	7.879
Otoño	Sin	0.0000	7.879
Primavera	AIB	11.3950	7.879
Primavera	ANA	20.6100	7.879
Primavera	Sin	9.2150	7.879
Verano	AIB	20.6100	7.879
Verano	ANA	12.9200	7.879
Verano	Sin	50.8000	7.879

Tipo*Hormona			
Apical	AIB	13.6750	5.572
Apical	ANA	13.5350	5.572
Apical	Sin	23.2175	5.572
Media	AIB	23.3625	5.572
Media	ANA	7.8375	5.572
Media	Sin	26.8650	5.572

ANEXO II

Análisis de datos para Número de raíces totales por tratamiento, Número de Brotes totales por tratamiento, Longitud de raíces promedio y Longitud de Brotes promedio, luego de eliminar aquellos valores que presentaron un gran residuo estandarizado (<-3 ó >3).

General Linear Model: N° raíces versus Época, Tipo, Hormona

Factor	Type	Levels	Values
Epoca	fixed	4	inv oto prim ver
Tipo	fixed	2	apical media
Hormona	fixed	3	aib kr sin

Analysis of Variance for N° raíce, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Epoca	3	23.0580	24.1476	8.0492	32.13	0.000
Tipo	1	0.2705	0.3334	0.3334	1.33	0.249
Hormona	2	2.4620	2.9162	1.4581	5.82	0.003
Epoca*Tipo	3	1.3316	1.3604	0.4535	1.81	0.145
Tipo*Hormona	2	0.3737	0.4035	0.2018	0.81	0.448
Epoca*Hormona	6	5.3801	5.3801	0.8967	3.58	0.002
Error	448	112.2487	112.2487	0.2506		
Total	465	145.1245				

Unusual Observations for N° raíces

Obs	N° raíce	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
57	2.00000	0.06017	0.09707	1.93983	3.95R
121	0.00000	1.11448	0.10645	-1.11448	-2.28R
122	0.00000	1.11448	0.10645	-1.11448	-2.28R
123	0.00000	1.11448	0.10645	-1.11448	-2.28R
124	0.00000	1.11448	0.10645	-1.11448	-2.28R
126	0.00000	1.11448	0.10645	-1.11448	-2.28R
127	0.00000	1.11448	0.10645	-1.11448	-2.28R
128	0.00000	1.11448	0.10645	-1.11448	-2.28R
136	3.00000	1.11448	0.10645	1.88552	3.86R
137	3.00000	0.83343	0.10443	2.16657	4.43R
147	2.00000	0.83343	0.10443	1.16657	2.38R
150	3.00000	0.83343	0.10443	2.16657	4.43R
153	2.00000	0.83343	0.10443	1.16657	2.38R
163	2.00000	0.42906	0.10170	1.57094	3.21R
193	3.00000	0.63585	0.10187	2.36415	4.82R
195	2.00000	0.63585	0.10187	1.36415	2.78R
217	3.00000	0.47526	0.10187	2.52474	5.15R
226	2.00000	0.47526	0.10187	1.52474	3.11R
330	2.00000	0.34353	0.09708	1.65647	3.37R
336	2.00000	0.34353	0.09708	1.65647	3.37R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Expected Mean Squares, using Adjusted SS

Source	Expected Mean Square for Each Term
1 Epoca	(7) + Q[1, 4, 6]
2 Tipo	(7) + Q[2, 4, 5]
3 Hormona	(7) + Q[3, 5, 6]
4 Epoca*Tipo	(7) + Q[4]
5 Tipo*Hormona	(7) + Q[5]
6 Epoca*Hormona	(7) + Q[6]
7 Error	(7)

Error Terms for Tests, using Adjusted SS

Source	Error DF	Error MS	Synthesis of Error MS
1 Epoca	448.00	0.2506	(7)
2 Tipo	448.00	0.2506	(7)
3 Hormona	448.00	0.2506	(7)
4 Epoca*Tipo	448.00	0.2506	(7)
5 Tipo*Hormona	448.00	0.2506	(7)
6 Epoca*Hormona	448.00	0.2506	(7)

Variance Components, using Adjusted SS

Source	Estimated Value
Error	0.2506

Least Squares Means for N° raíce

Epoca	Mean	SE Mean
inv	0.025000	0.04569
oto	0.100000	0.04569
prim	0.627636	0.04869
ver	0.300000	0.04569
Tipo		
apical	0.236369	0.03276
media	0.289949	0.03293
Hormona		
aib	0.374739	0.04061
kr	0.220139	0.04012
sin	0.194599	0.03997
Epoca* Tipo		
inv apical	0.016667	0.06462
inv media	0.033333	0.06462
oto apical	0.050000	0.06462
oto media	0.150000	0.06462
prim apical	0.528809	0.06816
prim media	0.726462	0.06948
ver apical	0.350000	0.06462
ver media	0.250000	0.06462
Tipo*Hormona		
apical aib	0.306254	0.05714
apical kr	0.211882	0.05672
apical sin	0.190972	0.05633
media aib	0.443224	0.05759
media kr	0.228396	0.05672
media sin	0.198227	0.05672

Epoca*Hormona			
inv	aib	-0.000000	0.07914
inv	kr	-0.000000	0.07914
inv	sin	0.075000	0.07914
oto	aib	0.125000	0.07914
oto	kr	0.050000	0.07914
oto	sin	0.125000	0.07914
prim	aib	0.973955	0.08715
prim	kr	0.555556	0.08343
prim	sin	0.353396	0.08231
ver	aib	0.400000	0.07914
ver	kr	0.275000	0.07914
ver	sin	0.225000	0.07914

Comparaciones Múltiples SNK

Época

Ingreso de Datos			
	Prueba (Tukey o SNK)	SNK	
	Alfa (5 o 1 (%))		5
	Número de tratamientos		4
	Grados Libertad del Error		448
	Cuadrado Medio del Error		0.2506
Tratamientos	Promedios	Repeticiones	
Invierno	t1	0,025	120
Otoño	t2	0,100	120
Primavera	t3	0,627	106
Verano	t4	0,300	120

Resultados	Prueba SNK
Tratamientos	Diferencias Significativas
t3	c
t4	b
t2	a
t1	a

Comparaciones Múltiples SNK

Tipo de Estaca

Ingreso de Datos			
	Prueba(Tukey o SNK)	SNK	
	Alfa (5 o 1 (%))		5
	Número de tratamientos		2
	Grados Libertad del Error		448
	Cuadrado Medio del Error		0.2506
Tratamientos	Promedios	Repeticiones	
Media	t1	0,28	232
Apical	t2	0,23	234

Resultados	Prueba SNK
Tratamientos	Diferencias Significativas
t1	a
t2	a

Comparaciones Múltiples SNK

Tratamiento Hormonal

Ingreso de Datos			
	Prueba(Tukey o SNK)	SNK	
	Alfa (5 o 1 (%))		5
	Número de tratamientos		3
	Grados Libertad del Error		448
	Cuadrado Medio del Error		0.2506
Tratamientos	Promedios	Repeticiones	
Sin Hormona	t1	0,19	157
AIB	t2	0,37	153
ANA	t3	0,22	156

Resultados	Prueba SNK
Tratamientos	Diferencias Significativas
t2	b
t3	a
t1	a

Comparaciones Múltiples SNK

Época por Tipo de Hormona

Ingreso de Datos			
	Prueba(Tukey o SNK)	SNK	
	Alfa (5 o 1 (%))		5
	Número de tratamientos		8
	Grados Libertad del Error		448
	Cuadrado Medio del Error		0.2506
Tratamientos	Promedios Repeticiones		
Invierno x Media	t1	0,033	60
Invierno x Apical	t2	0,016	60
Primavera x Media	t3	0,726	52
Primavera x Apical	t4	0,528	54
Verano x Media	t5	0,250	60
Verano x Apical	t6	0,350	60
Otoño x Media	t7	0,150	60
Otoño x Apical	t8	0,050	60

Resultados	Prueba SNK
Tratamientos	Diferencias Significativas
t3	d
t4	c
t6	bc
t5	ab
t7	ab
t8	a
t1	a
t2	a

Comparaciones Múltiples SNK

Tipo de Estaca por Tratamiento Hormonal

Ingreso de Datos			
	Prueba(Tukey o SNK)	SNK	
	Alfa (5 o 1 (%))		5
	Número de tratamientos		6
	Grados Libertad del Error		448
	Cuadrado Medio del Error		0.2506
Tratamientos		Promedios Repeticiones	
Media x Sin Hormona	t1	0,198	78
Media x AIB	t2	0,443	76
Media x ANA	t3	0,228	78
Apical x Sin Hormona	t4	0,190	79
Apical x AIB	t5	0,306	77
Apical x ANA	t6	0,211	78

Resultados	Prueba SNK
Tratamientos	Diferencias Significativas
t2	b
t5	ab
t3	a
t6	a
t1	a
t4	a

Comparaciones Múltiples SNK

Época por Tratamiento Hormonal

Ingreso de Datos			
	Prueba (Tukey o SNK)	SNK	
	Alfa (5 o 1 (%))		5
	Número de tratamientos		12
	Grados Libertad del Error		448
	Cuadrado Medio del Error		0.2506
Tratamientos	t	Promedios	Repeticiones
Invierno x Sin Hormona	t1	0,075	40
Invierno x AIB	t2	0,000	40
Invierno x ANA	t3	0,000	40
Primavera x Sin Hormona	t4	0,353	37
Primavera x AIB	t5	0,973	33
Primavera x ANA	t6	0,555	36
Verano x Sin Hormona	t7	0,225	40
Verano x AIB	t8	0,400	40
Verano x ANA	t9	0,275	40
Otoño x Sin Hormona	t10	0,125	40
Otoño x AIB	t11	0,125	40
Otoño x ANA	t12	0,050	40

Resultados	Prueba SNK
Tratamientos	Diferencias Significativas
t5	e
t6	d
t8	cd
t4	bcd
t9	abcd
t7	abc
t10	abc
t11	abc
t1	ab
t12	ab
t3	a
t2	a

ANEXO III

El cálculo se obtiene realizando la siguiente fórmula (Bhattacharyya y Johnson, 1997):

$$Z_0 = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}}$$

Donde:

La hipótesis nula es

$$H_0: p_0 = 0,875$$

$$H_1: p = 0,673$$

$$\alpha = 0,05 \quad Z_\alpha = 1,96$$

Análisis Estadístico:

$$p_0 := 0.875 \quad \alpha := 0.05 \quad z_\alpha := 1.96$$

$$n := 323$$

$$p := 0.673$$

$$p = 0.673$$

$$z_0 := \frac{(p - p_0)}{\left[p_0 \cdot \frac{(1 - p_0)}{n} \right]^{0.5}}$$

$$z_0 = -10.977$$

Conclusión

Como el módulo de z_0 ($= 10,977$) es mayor que Z_α ($= 1,96$) se rechaza la hipótesis nula H_0

ANEXO IV

Para la estimación del tamaño muestral se utilizó la siguiente fórmula (Bhattacharyya y Johnson, 1997):

$$n = \left(\frac{2z_{\alpha/2}}{w} \right)^2 \cdot p^* (1 - p^*)$$

Donde:

n = es el número de individuos requeridos o tamaño muestral.

$z_{\alpha/2}$ = es el valor de Z correspondiente a la mitad del nivel de significancia.

w = es la amplitud del intervalo de confianza deseado.

p^* = es un estimado de la verdadera proporción. Normalmente se utiliza un valor de 0,50.

$z_{\alpha/2} = 1,96$ para $\alpha = 0,05$ (95% intervalo de confianza)

$w = 0,08$ para un margen de error de $\pm 4\%$ al 95% intervalo de confianza

$p^* = 0,5$

$z_{\alpha} := 1.96$

$pstart := 0.5$

$w := 0.08$

$$n := \left[\frac{(2 \cdot z_{\alpha})}{w} \right]^2 \cdot pstart \cdot (1 - pstart)$$

$n = 600.25$

Reemplazando se obtiene un tamaño de muestra de 600.