

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE
Castanea sativa Mill. y *Juglans regia* L.,
A TRAVÉS DE ESTACAS




MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION - CHILE

2001

PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE
***Castanea sativa* MILL. Y *Juglans regia* L.**
A TRAVÉS DE ESTACAS

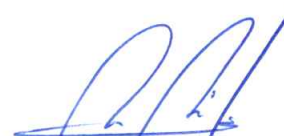
PROFESOR ASESOR



DARCY RIOS LEAL

Profesor asociado;
 Prof. Biol. y Quim.;
 M.SC., Dra.

PROFESOR ASESOR

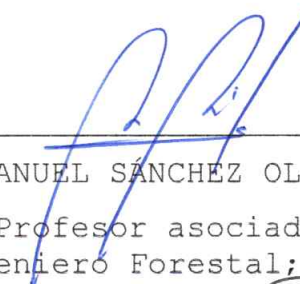



MANUEL SÁNCHEZ OLATE

Profesor asociado;
 Ingeniero Forestal; Dr.

DIRECTOR

DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA



MANUEL SÁNCHEZ OLATE

Profesor asociado;
 Ingeniero Forestal; Dr.

DECANO

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



FERNANDO DRAKE ARANDA

Profesor asociado;
 Ingeniero Forestal

CALIFICACIÓN DE LA MEMORIA DE TÍTULO:

DARCY RIOS LEAL : 88 puntos (Ochenta y ocho puntos)

MANUEL SANCHEZ OLATE : 88 puntos (Ochenta y ocho puntos)



A MI ESPOSA ANGÉLICA
QUIEN SACRIFICÓ SUS SUEÑOS,
POR LOGRAR LOS MIOS

A MI HIJO LUCIANO

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a todas aquellas personas, que de una u otra manera hicieron posible la realización de este gran sueño; a mis profesores asesores, Sr. Manuel Sánchez y Sra. Darcy Ríos, quienes depositaron en mí, su confianza para la realización de este trabajo, además por su amistad, llevada mas allá de la simple convivencia profesor-alumno. También agradecer la siempre buena disposición de don Luis Castro y de Rodrigo Hasbún, actores importantes de este trabajo. Y por ultimo agradecer a profesores, amigos y familiares, que de una u otra forma me apoyaron en estos duros años.



INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I	INTRODUCCION. 1
1.1	Características e importancia de <i>Castanea sativa</i> Mill. 2
1.2	Características e importancia de <i>Juglans regia</i> L. 4
1.3	Dificultades para la propagación de Castaño y Nogal. 5
1.4	Factores que facilitan el enraizamiento. 5
1.5	Epoca de colecta de estacas 6
1.6	Pre-tratamiento basal <i>in-vivo</i> 8
II	MATERIALES Y METODOS 9
2.1	Primer ensayo (Primavera). 9
2.1.1	Descripción del estudio. 9
2.1.2	Selección de factores. 10
2.1.3	Resumen de los factores ensayados. 10
2.1.4	Diseño experimental. 11
2.1.5	Selección y manipulación de las estacas. 13
2.1.6	Labores culturales 14
2.1.7	Cuidados y mediciones. 14
2.1.8	Variables analizadas 15
2.1.9	Análisis estadístico 15
2.2	Segundo ensayo (Otoño) 16
2.2.1	Descripción del estudio. 16
2.2.2	Selección de factores 18

2.2.3	Resumen de los factores ensayados	18
2.2.4	Diseño experimental	19
2.2.5	Análisis estadístico.	20
III	RESULTADOS Y DISCUSION.	21
3.1	Primer ensayo (Primavera).	21
3.1.1	<i>Juglans regia</i> L.	21
3.1.2	<i>Castanea sativa</i> Mill.	26
3.2	Segundo ensayo (Otoño).	27
3.2.1	<i>Juglans regia</i> L.	27
3.2.2	<i>Castanea sativa</i> Mill.	30
IV	CONCLUSIONES.	36
4.1	Primer ensayo (Primavera).	36
4.1.1	<i>Juglans regia</i> L.	36
4.1.2	<i>Castanea sativa</i> Mill.	36
4.2	Segundo ensayo (Otoño).	37
4.2.1	<i>Juglans regia</i> L.	37
4.2.2	<i>Castanea sativa</i> Mill.	37
V	RESUMEN.	38
VI	SUMMARY.	39
VII	BIBLIOGRAFIA	40
VIII	APENDICE	43
8.1	Primer ensayo (Primavera).	43

8.1.1 *Juglans regia* L. 43

8.2 Segundo ensayo (Otoño) 45

8.2.1 *Juglans regia* L. 45

8.2.2 *Castanea sativa* Mill.. 45



TABLAS

TABLA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 Niveles de los factores ensayados.	11
2 Combinación y N° de estacas por tratamiento. .	13
3 Niveles de los factores ensayados.	18
4 Combinación y N° de estacas por tratamiento. .	19
<u>En el apéndice</u>	
1 A Análisis de varianza para la variable enraizamiento según los factores evaluados.	43
2 A Análisis de varianza para la variable supervivencia según los factores evaluados.	43
3 A Test de Tukey, para el factor sustrato de la variable supervivencia.	43
4 A Análisis de varianza para la variable n° promedio de raíces según los factores evaluados.	44

5 A	Análisis de varianza para la variable largo de la raíz principal según los factores evaluados.	44
6 A	Análisis de varianza para la variable supervivencia según los factores evaluados.	45
7 A	Test de Tukey, para el factor inducción de la variable supervivencia.	45
8 A	Análisis de varianza para la variable enraizamiento según los factores evaluados.	45
9 A	Test de Tukey, para el factor inducción de la variable enraizamiento.	46
10 A	Test de Tukey, para el factor concentración auxínica de la variable enraizamiento.	46
11 A	Análisis de varianza para la variable supervivencia según los factores evaluados.	46
12 A	Test de Tukey, para el factor inducción de la variable supervivencia.	47
13 A	Análisis de varianza para la variable n° promedio de raíces según los factores evaluados.	47
14 A	Test de Tukey, para el factor inducción de la variable n° promedio de raíces.	47

15 A Test de Tukey, para el factor concentración auxínica de la variable n° promedio de raíces.	48
16 A Análisis de varianza para la variable largo de la raíz principal según los factores evaluados.	48
17 A Test de Tukey, para el factor inducción de la variable largo de la raíz principal . . .	48



INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 Variaciones mensuales en el contenido máximo de sustancias del crecimiento desde la fracción ácida de castaño.	7
2 Variaciones mensuales en el contenido máximo de inhibidores desde la fracción ácida de castaño.	7
3 División de la cama caliente.	11
4 Ubicación de tratamientos en la cama de enraizamiento.	12
5 Brote epicormico con aplicación de sustancias inductoras de rizogenesis y etiolado mediante cubierta de papel de aluminio.	17
6 Respuesta rizogenica para estacas de nogal según tratamiento sustrato-auxina.	21
7 Formación de callo para los diferentes tratamientos auxinicos en cada sustrato. . .	22

8	Mortalidad de raíces en sustrato de compost de corteza de pino.	23
9	Respuesta de la supervivencia para estacas de nogal según tratamiento sustrato-auxina. . .	23
10	N° promedio de raíces para la combinación sustrato-auxina.	24
11	Respuesta del largo de la raíz principal a la combinación sustrato-auxina.	25
12	Muerte de estacas de castaño, por deshidratación.	26
13	Formación de callo e hinchazón de la zona tratada, en brote epicormico de nogal. . . .	27
14	Respuesta de la supervivencia para estacas de nogal según tratamiento inducción-auxina.	28
15	Respuesta a la supervivencia de las estacas de nogal pre-inducidas.	29
16	Formación de callo e hinchazón de la zona tratada en brote epicormico de castaño. . .	30
17	Respuesta rizogenica para estacas de castaño según tratamiento inducción-auxina.	31
18	Formación de raíces en estacas pre-inducidas de castaño.	32

19	Respuesta de la supervivencia para estacas de castaño según tratamiento inducción-auxina.	32
20	Respuesta de la supervivencia para estacas de castaño según tratamiento inductivo. . .	33
21	Respuesta del N° promedio de raíces de las estacas enraizadas a la combinación inducción-auxina.	34
22	Comportamiento del largo de la raíz principal para la combinación método de inducción-concentración de auxina.	35



I INTRODUCCION

Adriazola e Ibarra (1999), señalan que las plantaciones forestales crecieron a comienzos de los '70, llegando a una tasa de forestación del orden de las 100.000 ha anuales, todas ellas o su gran mayoría basados en pino insigne. Del mismo modo reconocen que hoy tanto las condiciones de mercado como las demandas internas de los consumidores han cambiado, por lo que el estado comienza a buscar especies alternativas que se ajusten a requerimientos de una alta rentabilidad financiera, con un mercado seguro y que ambientalmente sean lo menos perjudiciales posibles.

Es así como el programa de diversificación forestal de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) ha priorizado la búsqueda de especies de importancia económica y adecuadas a las distintas condiciones de sitio del país y que puedan ser utilizadas como una alternativa a las ya existentes (Adriazola e Ibarra, 1999).

Las especies *Castanea sativa* Mill. y *Juglans regia* L. figuran entre las 14 especies seleccionadas como promisorias para el país (Loewe y González, 1999).

En los resultados del proyecto "silvicultura de especies no tradicionales; una mayor diversidad productiva", ejecutado por el Instituto Forestal (INFOR) y financiado por CORFO y FIA, se determinó que *Castanea sativa* Mill. Posee un área potencial de crecimiento de 2.606.017 ha, para terrenos con riego y 1.402.789 ha sin riego distribuidas entre la VI y X regiones; y una superficie de 3.287.011 ha en suelos con

riego para *Juglans regia* L., desde la Región Metropolitana (R.M.) hasta la X región (Loewe et al, 2000).

Según Loewe y González (1999), es necesario promover el cultivo de las dos especies más promisorias, nogal común (*Juglans regia*) y castaño (*Castanea sativa*), cuyos estudios tienen un mayor avance, y cuya silvicultura, precios y mercados, son conocidos y accesibles.

Por las razones descritas, es que se hace necesario determinar metodologías para la propagación de especies como *Juglans regia* Mill. y *Castanea sativa* L., siendo el principal objetivo de este estudio, en donde se ensayan distintos métodos para la propagación por estacas.

Según Hartmann y Kester (1998), la propagación a través de estacas presenta numerosas ventajas. A partir de unas cuantas plantas madres es posible obtener muchas nuevas plantas en un espacio limitado. Es económico, rápido, simple y no requiere las técnicas especiales del injerto. Se obtiene una uniformidad mayor por la ausencia de variaciones que en ocasiones aparecen en las plantas injertadas.

1.1 Características e importancia de *Castanea sativa* Mill.

Esta especie, que pertenece a la familia *Fagaceae* y al género *Castanea* (13 especies), es una especie de gran importancia en Europa. Crece en forma espontánea en los países mediterráneos de Europa y Asia Menor, especialmente en Italia, España, Portugal, Grecia y Turquía.

El castaño es un árbol longevo, monoico, deciduo, con corteza estriada, ramoso. En Europa cuando madura, puede alcanzar hasta 35 m de alto. Su copa puede llegar a una superficie de 140 m², característica que varía si el hábito de crecimiento es monopodial o simpodial. Su sistema radicular es pivotante, medianamente profundizador, robusto y extendido lateralmente.

En Chile, se cultivan sólo las variedades provenientes de *C. sativa*, que se caracteriza por su gran diferenciación genética, razón por la cual es muy difícil, si no imposible, determinar variedades en Chile, ya que normalmente el castaño ha sido multiplicado por semillas. Posiblemente derivan de las antiguas variedades europeas Monstrosa de Knight y Marrón Dore de Lion, por que son las variedades que el criadero "El Vergel" de Angol ha estado multiplicando por años y ha sido el principal proveedor de plantas de castaño (Sudzuki, 1997).

A pesar de los inconvenientes mencionados (que, por otra parte, constituyen una riqueza, porque permiten iniciar programas de mejora genética con la disponibilidad de material vegetal apropiado y propagando en forma adecuada) se cuenta con plantas adaptadas a las diferentes condiciones agroecológicas del centro sur y sur de Chile.

Una ventaja comparativa que posee Chile respecto de los países Europeos, es que se encuentra libre de la enfermedad denominada *cancro del tronco* producida por el hongo *Endothia parasitica*, el cual ha provocado grandes bajas en la producción de Europa y USA a partir del primer tercio del presente siglo (Loewe et al., 1997).

1.2 Características e importancia de *Juglans regia* L.

La hipótesis más probable sobre su discutido origen es que sea originario de China o del macizo del Himalaya, y que desde allí haya pasado a la India, Persia, Grecia e Italia, desde donde fue difundido en la antigüedad a los otros países europeos.

Es la especie más difundida y conocida de la familia Juglandaceae. Es un árbol vigoroso, de tronco sólido, alto, recto, copa frondosa, amplia y armoniosa. Las hojas son compuestas, caducas, de un color verde intenso.

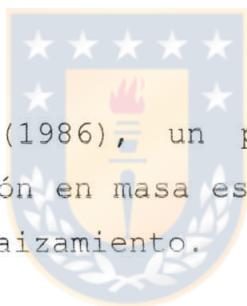
El tronco posee una corteza lisa; la madera es compacta y con un hermoso vetado. El sistema radical es más bien superficial y no muy robusto.

Es una especie de interés tanto agrícola como forestal, ya que produce frutos comestibles muy apreciados, y madera de un valor considerable, requerida para la producción de muebles de estilo (tanto macizos como enchapados) y objetos artesanales; actualmente es la madera más cotizada en el mercado europeo. Esto puede determinar un notable interés por parte de muchos propietarios por la posibilidad de combinar, con técnicas racionales, la producción frutícola con la producción de madera al final de la rotación, como se ha ejecutado desde hace siglos en algunas zonas (Loewe, 1991).

El nogal se ha reproducido en Chile principalmente por semilla, lo que ha significado una pérdida de las características varietales (SQM, 1995).

1.3 Dificultades para la propagación de Castaño y Nogal.

Según Vieitez et al. (1986), el castaño es una especie difícil de enraizar y carece de una capacidad de propagación por estacas. La insignificante capacidad de enraizar estacas de brotes de plantas adultas de *Castanea sativa* Mill. Ha sido atribuida a la presencia de inhibidores (Vieites, 1974; Vasquez et al, 1978; Vasquez y Gesto, 1982; Areses y Vieitez, 1970; Gesto et al, 1981. Citados por Rinallo, R. y Gellini, R. 1987) y a la estructura anatómica de los brotes, los cuales reflejan otras situaciones fisiológicas (Vieitez, 1974; Vieitez y Vieitez, 1974; Gellini et al, 1977. Citados por Rinallo y Gellini, 1987).



Según Vieitez et al, (1986), un problema que presenta Castaño para la producción en masa es la dependencia clonal de los resultados de enraizamiento.

McGranahan et al. (1987), reconoce dificultades en la propagación de Nogal, específicamente en el enraizamiento de estacas.

1.4 Factores que facilitan el enraizamiento.

Etiolación; si bien etiolación es definida como la exclusión total de luz, también se refiere al crecimiento de los nuevos brotes bajo condiciones de fuerte sombra (Maynard y Bassuk, 1988).

Según Vieitez, (1974), y Vieitez y Vieitez, (1974), citados por Rinallo y Gellini, (1987), la menor presencia o efecto de inhibidores y la presencia de factores favorables para

el enraizamiento parece estar relacionado a la ausencia de esclereidas, y al parecer la etiolación reduce fuertemente la diferenciación de esclereidas en los anillos esclerenquimatosos, y además la aplicación de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal (hormonas y vitaminas) y etiolación inducen dentro de los brotes, condiciones adecuadas para la formación de raíces adventicias.

Anillado; el anillado, o la constricción del tallo en alguna otra forma, bloquea la translocación hacia abajo de carbohidratos, hormonas y otros posibles factores que promueven el crecimiento de las raíces y puede conducir a un aumento en su iniciación. Aplicando esta técnica a las ramas antes de separarlas para su empleo como estacas, debe mejorar el enraizamiento (Hartmann y Kester, 1998)

1.5 Epoca de colecta de estacas.

Según Rinallo y Gellini, (1987), el enraizamiento parece ser mayor en las estacas obtenidas desde brotes en Otoño. Además, según Areses y Vieitez, 1969. Se puede observar una cierta inclinación positiva al enraizamiento en Otoño, el cual es consistente con la hinchazón de las bases de las estacas y la formación de algunas raíces. Sin embargo este fenómeno no es aún explicado totalmente.

Areses y Vieitez, (1969), opinan que Octubre (para el hemisferio sur) es un mes interesante, las estacas muestran el máximo aumento de sustancias del crecimiento y el mínimo de inhibidores (Fig. 1 y 2). Ambos fenómenos parecen lógicos. Esto es, el máximo de sustancias del crecimiento producidas por la reanudación del crecimiento en la primavera corresponde a la mínima cantidad de inhibidores

del crecimiento. Teóricamente, uno podría esperar que las estacas enraizaran fácilmente en el mes de Octubre, pero esto no ocurre así.

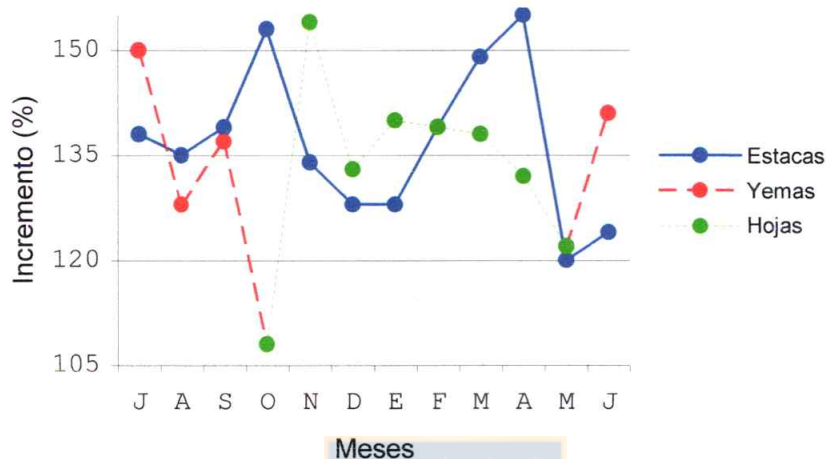


Figura 1: Variaciones mensuales en el contenido máximo de sustancias del crecimiento desde la fracción ácida de Castaño. (extractado de Areses y Vieitez, 1969)

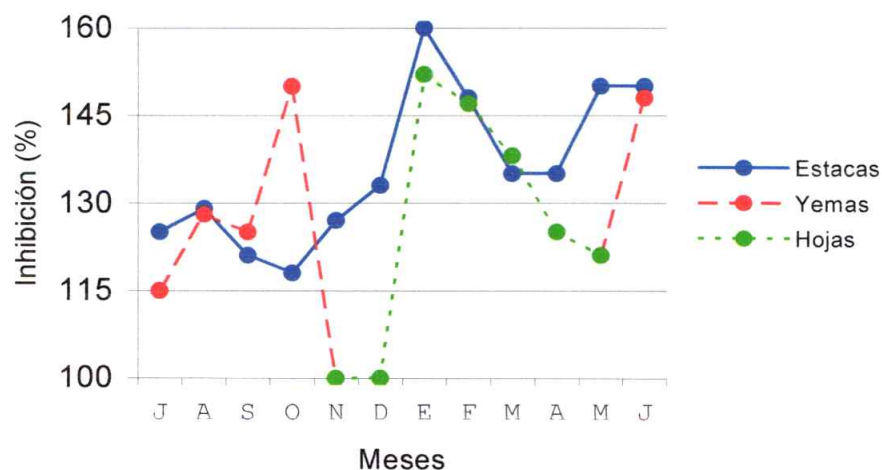


Figura 2: Variaciones mensuales en el contenido máximo de inhibidores desde la fracción ácida de Castaño. (extractado de Areses y Vieitez, 1969).

La capacidad de enraizamiento de brotes tratados depende de varios factores tales como la época de crecimiento, la concentración de auxinas y el tiempo en que la auxina exógena es aplicada (Vieitez et al., 1986).

1.6 Pretratamiento basal *in-vivo*.

El método fue usado con éxito primeramente en Francia por Selad et al. (1962), quien anillaba los brotes, y en España E. Vieitez (1955) aplicando auxinas (Vieitez, et al., 1986).

Rinallo y Gellini, (1987), obtuvieron resultados altamente satisfactorios en el enraizamiento de estacas de *Castanea sativa* Mill. (95 % enraizamiento y 86 % de supervivencia) en brotes pretratados basalmente, en los árboles a principios de Diciembre, con la aplicación de una mezcla de reguladores del crecimiento conteniendo IBA, PVP, NAPHTOL, Acido bórico, y algunas vitaminas en una solución hidroalcohólica en spray (50 % EtOH), seguido por etiolación basal. Sin embargo Rinallo y Mariotti, (1992), señalan que aunque la proporción de brotes enraizados con esta técnica, es alta, el N° de raíces por brote es aún bajo y las raíces son de desarrollo imperfecto y pequeñas.

De acuerdo con lo anterior, en este trabajo se intenta el efecto de 2 métodos de enraizamiento de estacas para *Castanea sativa* y *Juglans regia*. Además, se analiza el efecto del sustrato, la concentración de auxina (AIB) y la aplicación del tratamiento de pre-inducción *in vivo*.

II MATERIALES Y METODOS

El material de propagación fue colectado desde huertos de castaño y nogal de la ciudad de Yumbel, VIII Región. Este material fue transportado al invernadero de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción, en donde se instaló el ensayo.

2.1 Primer ensayo (Primavera)

En este estudio se analizaron dos metodologías para producir el enraizamiento en estacas de *Castanea sativa* Mill. y *Juglans regia* L.

2.1.1 Descripción del estudio

En el mes de Agosto de 2000, se seleccionaron los ejemplares para utilizarlos como árboles padres, luego se procedió a la colecta del material inicial para el enraizamiento tradicional. Además, en la misma ocasión, se procedió a realizar podas de revigorización para inducir tejidos rejuvenecidos y el desarrollo de brotes epicórmicos en cada árbol padre. Las estacas aquí colectadas fueron tratadas basalmente con ácido Indolbutirico (AIB), en las siguientes concentraciones:

- 0 ppm (testigo)
- 4000 ppm
- 6000 ppm
- 8000 ppm

Además se utilizó dos tipos de sustrato para determinar si existe algún efecto del sustrato en el enraizamiento. Los sustratos ensayados fueron:

- Vermiculita/Perlita (1:1, v/v)
- Corteza de pino compostada

2.1.2 Selección de factores

Las variables ensayadas fueron las siguientes:

A.- Sustrato.

Se estudió el comportamiento de las estacas en dos tipos de sustrato: Vermiculita/Perlita (1:1) y en Corteza de Pino compostada.

Ambos sustratos fueron previamente esterilizados en autoclave para disminuir los riesgos de contaminación en el ensayo. El sustrato fue puesto sobre una cama caliente, teniendo el sustrato un espesor aproximado de 15 cms.

B.- Concentración de Auxina (AIB)

Se ensayó el efecto de la concentración de auxina (AIB) en el proceso de enraizamiento en estacas de Castaño y Nogal. La forma de aplicación consistió en sumergir la base de las estacas por un período de 5 segundos en la solución auxínica.

2.1.3 Resumen de los factores ensayados

En la Tabla 1 se detalla la nomenclatura utilizada para cada una de las variables en estudio.

TABLA 1: Niveles de los factores ensayados

Sustrato	Auxina (AIB)
Verm/perlita	Testigo (T0)
	4000 ppm (T1)
	6000 ppm (T2)
	8000 ppm (T3)
Corteza	Testigo (T0)
	4000 ppm (T1)
	6000 ppm (T2)
	8000 ppm (T3)

2.1.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño aleatorio simple, tanto para Castaño, como para Nogal, para lo cual la cama caliente se dividió en dos secciones generales, una con Corteza de pino compostada y la otra con la mezcla Vermiculita + Perlita. Luego, la cama se subdividió para separar las estacas de Castaño y Nogal, como muestran las figuras 3 y 4.

Especie: Nogal	Especie: Castaño
Sustrato: Corteza de pino compostada	
Especie: Nogal	Especie: Castaño
Sustrato: Vermiculita/Perlita	

Figura 3: División de la cama caliente.

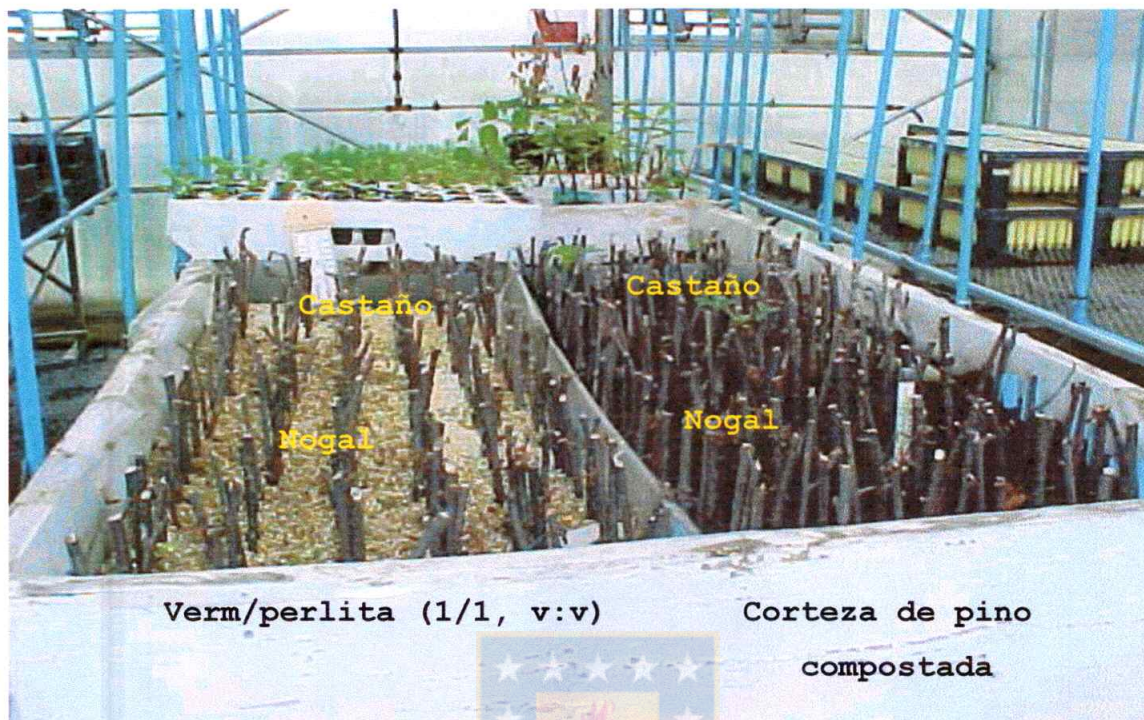


Figura 4: Ubicación de tratamientos en la cama de enraizamiento.

Cada una de estas 4 secciones se dividió en 12 partes iguales, en donde se sorteó la ubicación de los 4 tratamientos auxínicos con 3 repeticiones cada uno. Cada unidad experimental estuvo compuesta por 6 estacas, por lo que cada tratamiento consistió de 18 estacas en total (Tabla 2).

Tabla 2: Combinación y N° de estacas por tratamiento.

TRATAMIENTOS		N° DE ESTACAS
sustrato	auxina	
S1	T0	18
S1	T1	18
S1	T2	18
S1	T3	18
S2	T0	18
S2	T1	18
S2	T2	18
S2	T3	18

2.1.5 Selección y manipulación de las estacas

De los árboles padres seleccionados, se extrajo el material de propagación, privilegiando los brotes epicórmicos, de 1 ó 2 años, como máximo, escogidos de la mitad inferior de la copa del árbol. El material recolectado se mantuvo en condiciones de baja T° y alta H°, para ser trasladado desde la ciudad de Yumbel, hasta el invernadero, en la ciudad de Concepción, una vez en el invernadero se procedió a la preparación de las estacas, las que se extrajeron de la parte baja de las ramas, con crecimiento normal, diámetro entre 0.5 y 1.5 cm, y largo entre 15-25 cm. El corte inferior fue recto y justo bajo un nudo, el corte superior se realizó en un ángulo de 45° y 1 cm aproximadamente sobre un nudo. A algunas estacas se les disminuyó el área foliar, cortando las hojas por la mitad y/o eliminando algunas, para aminorar la deshidratación producida por la evapotranspiración.

Las estacas se trataron básicamente con las distintas concentraciones de Auxina.

Las estacas se plantaron a una profundidad de unos 10 cm desde la superficie del sustrato y quedando la base de la estaca a unos 2 cm de la cama caliente.

Una vez realizada la plantación se regó a capacidad de campo.

2.1.6 Labores culturales

Se realizaron trabajos relacionados principalmente con medidas sanitarias, para impedir el ataque de organismos patógenos, para lo cual se aplicó semanalmente una mezcla de fungicidas (Captan + Benlate) a una concentración de 1,5 g*L⁻¹ cada uno, además se retiraban las hojas caídas y las estacas muertas.

2.1.7 Cuidados y mediciones

Los cuidados realizados estuvieron orientados a lograr las condiciones de sustrato y ambiente ideales para la propagación, según la bibliografía consultada.

Desde el momento en que se instaló el ensayo, se realizaron riegos, cuya frecuencia y duración dependieron de las condiciones diarias.

Se intentó mantener una diferencia de 5 °C para el sustrato por sobre el ambiente. Sin embargo en los meses de verano la T° ambiente fue muy alta, lo que hizo imposible mantener esta diferencia sin dañar las estacas.

Se realizaron mediciones de T° de sustrato y T° ambiental máximas y mínimas, para ello se contó con un termómetro de suelo y un termómetro de máximas y mínimas.

2.1.8 Variables analizadas

Al término del estudio, se evaluó mediante censo, las siguientes variables, con la precisión que se indica.

- Enraizamiento (%)
- Supervivencia (%)
- Raíces por estacas (n°)
- Longitud de la raíz principal (0.5 cm)

La evaluación del ensayo se realizó a los 5 meses de iniciado éste. Para el largo de raíces se consideró la de mayor tamaño.

2.1.9 Análisis estadístico

Todas las variables fueron evaluadas a través de un análisis de varianza de diseño factorial de dos factores, y cuando hubo diferencias significativas, estas se identificaron mediante el test de comparaciones múltiples de Tukey, a una probabilidad de 95% (Stell y Torrie, 1995).

2.2 Segundo ensayo (Otoño)

2.2.1 Descripción del estudio

En los mismos ejemplares seleccionados en la metodología anterior, se realizó una poda de revigorización en el mes de agosto del 2000, para inducir tejidos rejuvenecidos, y el desarrollo de brotes epicórmicos y aquellos brotes vegetativos inducidos por la poda severa. En ellos se aplicaron tratamientos inductivos de formación de tejidos potencialmente productores de raíces. Los tratamientos son los siguientes:

A.- Anillado; este consiste en la remoción parcial (en bandas) de la corteza en la base de los brotes, el ancho del anillado es de 1 a 2,5 cm, dependiendo del diámetro del brote.

B.- Aplicación de una mezcla de sustancias inductoras. Las sustancias y concentración son las siguientes:

- AIB 5000 ppm
Mejora la tasa y calidad del enraizamiento (Hartmann y Kester, 1998).
- PVP 5000 ppm
Libera la acción de los taninos inhibidores de la actividad enzimática. Abundantes en castaño (Rinallo y Gellini).
- Acido bórico 50 ppm
Implicado en la diferenciación celular (Rinallo y Gellini).
- Vitaminas C, B1 y B6 20ppm
Esenciales para el crecimiento radicular (Chinoy, 1984; citado por Rinallo y Gellini).

C.- Etiolación; la zona tratada se envuelve con una lámina de aluminio de 10 x 10 cm (Figura 5).



Figura 5: Brote epicórmico de *Castanea sativa* Mill. Con aplicación de sustancias inductoras de rizogénesis y etiolado mediante cubierta de papel de aluminio (Foto del autor).

Las estacas fueron colectadas el 15 de mayo del 2001, junto a éstas, también se recolectaron estacas de Castaño y Nogal sin tratamiento pre-inductivo *in vivo* para comparar la efectividad de la pre-inducción.

2.2.2 Selección de factores

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

A.- Tratamiento

Se compararon las variables analizadas entre ambos tratamientos, para comprobar la eficacia del tratamiento pre-inductivo.

B.- Concentración de Auxina (AIB)

Se ensayó el efecto de la concentración de auxina (AIB) en el proceso de enraizamiento de estacas de Castaño y Nogal. La forma de aplicación consistió en sumergir la base de las estacas por un periodo de 5 segundos en la solución auxínica.

2.2.3 Resumen de los factores ensayados

A continuación se detalla la nomenclatura utilizada para cada una de las variables en estudio:

TABLA 3: Niveles de los factores ensayados

Tratamiento	Auxina (AIB)
Pre-inductivo	Testigo (T0)
	6000 ppm (T1)
	8000 ppm (T2)
Tradicional	Testigo (T0)
	6000 ppm (T1)
	8000 ppm (T2)

2.2.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño aleatorio simple, para ambas especies estudiadas, para lo cual la cama caliente se dividió en dos secciones, una para Castaño y otra para Nogal.

Cada sección se dividió en 18 partes iguales, en donde se asignó la ubicación de las tres concentraciones auxínicas de ambos tratamientos, con tres repeticiones cada uno.

Cada unidad experimental contó con 6 estacas de Nogal y con 5 estacas en el caso de Castaño, por lo que cada tratamiento consistió de 18 estacas en nogal y 15 estacas en Castaño (Tabla 4)

Tabla 4: Combinación y N° de estacas por tratamiento.

TRATAMIENTOS		N° DE ESTACAS	
Método	Auxina	Nogal	Castaño
pre-inducción in vivo	T0	18	15
pre-inducción in vivo	T1	18	15
pre-inducción in vivo	T2	18	15
Sin pre-inducción	T0	18	15
Sin pre-inducción	T1	18	15
Sin pre-inducción	T2	18	15

La selección, manipulación de las estacas, labores culturales, mediciones, cuidados, y variables analizadas; son similares a la metodología del Primer ensayo (Primavera).

2.2.5 Análisis estadístico

Todas las variables fueron evaluadas a través de un análisis de varianza para un diseño factorial de dos factores, y se utilizó el test de comparaciones múltiples de Tukey (Steell y Torrie, 1995), para determinar las diferencias entre los niveles de los factores.



III RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo con la metodología descrita, las respuestas rizogénicas están en función de los tratamientos aplicados, razón por la cual, el análisis de los resultados se realizará separadamente para cada metodología de inducción rizogénica empleada en cada especie.

3.1 Primer ensayo (Primavera)

3.1.1 *Juglans regia* L.

Enraizamiento. El análisis de los resultados arroja una reducida tasa de enraizamiento de las estacas de esta especie, en cualquiera de los sustratos estudiados, por lo que las diferencias se deberían a los efectos de la hormona aplicada (Figura 6).

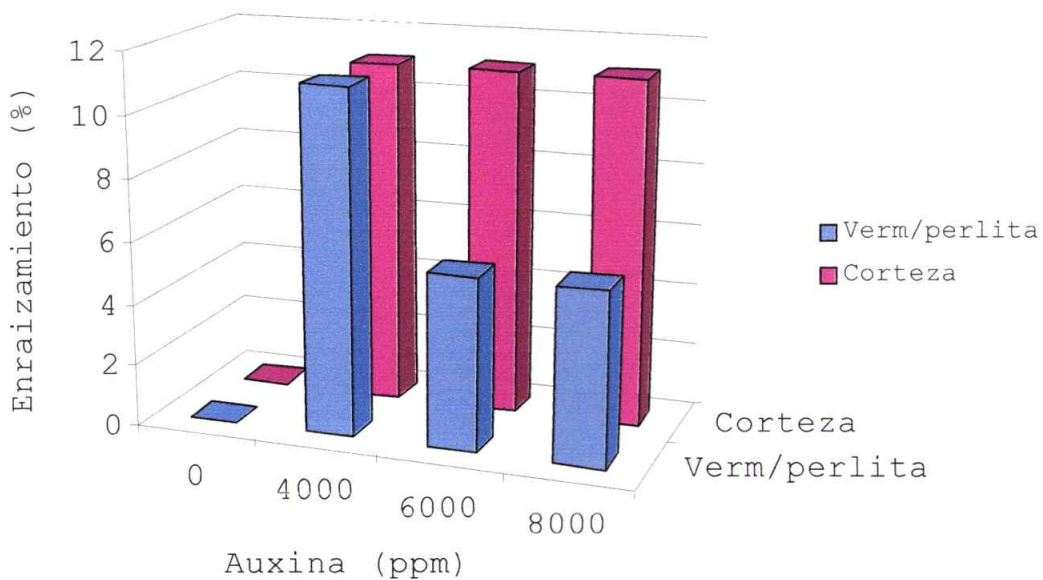


Figura 6. Respuesta rizogénica para estacas de nogal según tratamiento sustrato-auxina.

A pesar de no existir diferencias significativas, se puede observar un marcado descenso de la tasa de enraizamiento de las estacas cultivadas en una mezcla de verm/perlita, para los tratamientos T2 y T3. En sustrato de compost de corteza de pino, la respuesta a la concentración auxínica es constante llegando a un 11,7% de enraizamiento. Es necesario destacar, que debido a las reducidas tasas de enraizamiento, y la variabilidad en la respuesta, no se alcanza significancia estadística para las diferencias.



Figura 7: Formación de raíces en estacas de nogal

También hay que destacar las buenas características (en general) de las estacas enraizadas, como la buena distribución radicular, y la presencia de raíces secundarias y terciarias (Figura 7). Sin embargo también existió (en un bajo porcentaje) mortalidad de raíces, debido al exceso de humedad (Figura 8).

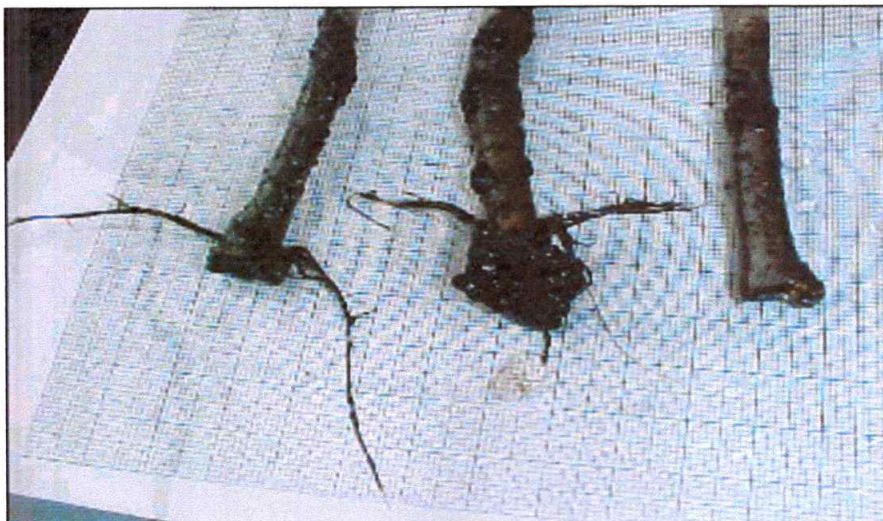


Figura 8: Mortalidad de raíces en sustrato de compost de corteza de pino.

Se observa una clara diferencia entre los sustratos ensayados cuando analizamos la variable supervivencia promedio de las estacas, siendo significativamente mayor en compost de corteza de pino (19,5%), por sobre el 4,2% mostrado en Verm/perlita (Figura 9).

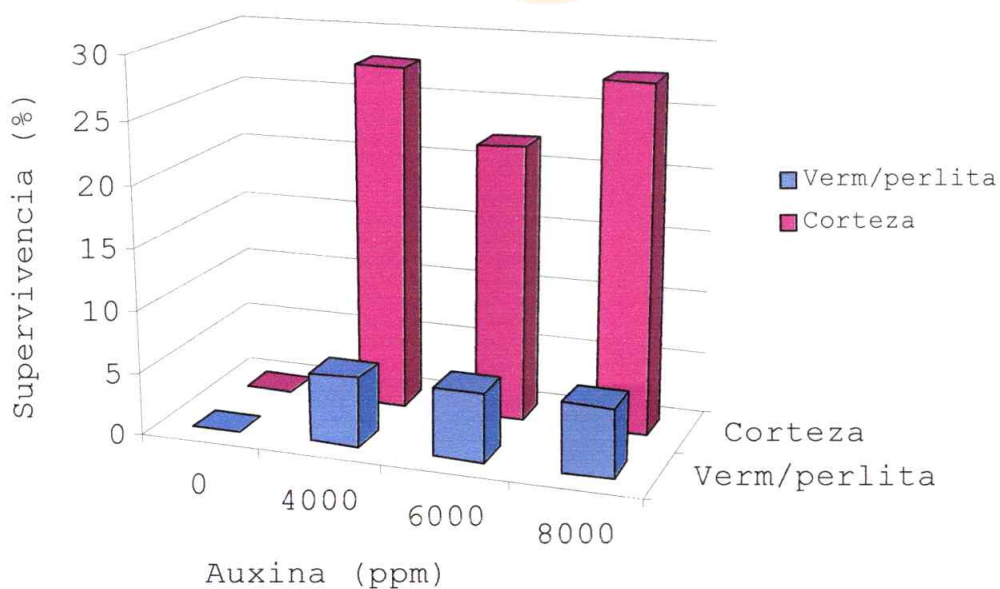


Figura 9: Respuesta de la supervivencia de estaca para estacas de nogal según tratamiento sustrato-auxina.

Entre los tratamientos auxínicos no existe diferencia significativa en supervivencia de estacas y, como muestra la Figura 9, esta es independiente de la concentración auxínica aplicada.

La mayor supervivencia de las estacas cultivadas en compost de corteza de pino puede deberse, a que este sustrato retiene por mayor tiempo la humedad, lo que evita una mayor desecación por parte de la estaca (Foucard, 1997).

Entre las estacas enraizadas se midió el n° de raíces, sin embargo la respuesta es errática (Figura 10), por lo que el análisis de esta variable no arroja diferencias significativas entre los sustratos, ni tampoco entre los tratamientos auxínicos.

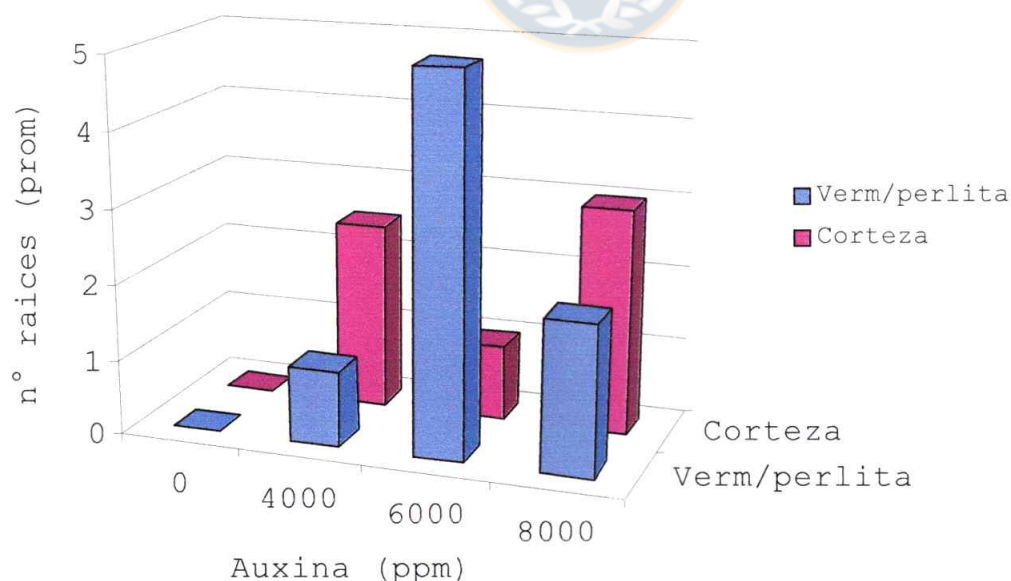


Figura 10. Número promedio de raíces para la combinación sustrato-auxina.

Además del n° de raíces, también se analizó el largo de la raíz principal (Figura 11) entre las estacas enraizadas, y al igual que la variable anterior no existe una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

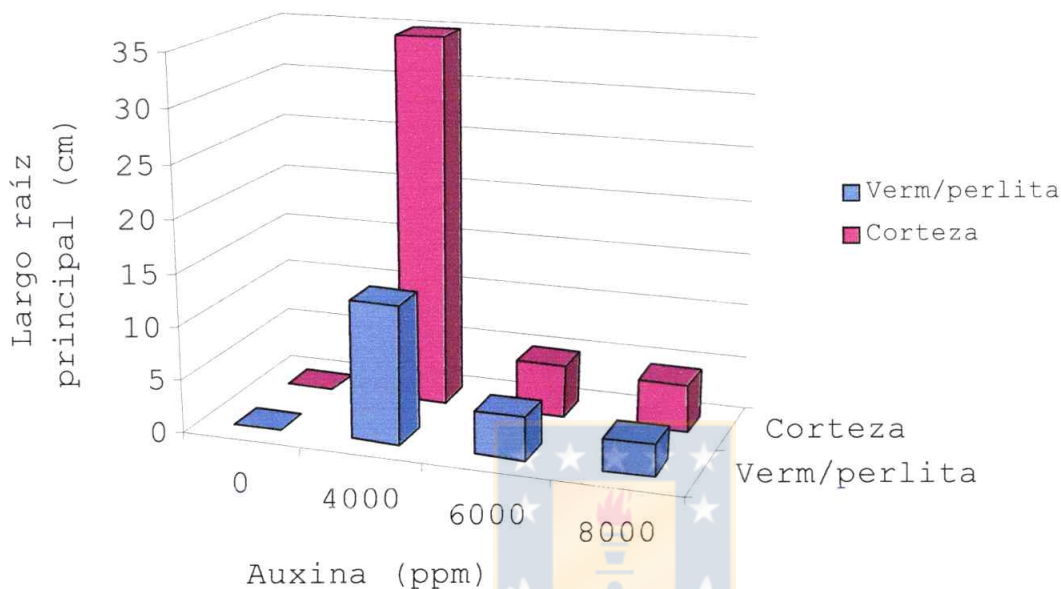


Figura 11: Respuesta del Largo de la raíz principal a la combinación sustrato-auxina.

Aunque no existe diferencia significativa entre los tratamientos, se observa que a medida que aumenta la concentración de AIB el largo de la raíz principal disminuye. Este comportamiento de la variable se asocia al efecto que tienen las hormonas en la elongación celular y crecimiento vegetal, ya que a elevadas dosis inducen una inhibición del crecimiento, lo que origina una escasa tasa de elongación radicular (Puga, 2001).

3.1.2 *Castanea sativa* Mill.

Los ensayos realizados con esta metodología no arrojaron respuestas positivas a los tratamientos, por lo que se da a entender que tal vez, esta metodología no es la indicada para la propagación de castaño a través de estacas (Figura 12), hecho que coincide por lo planteado por Areses y Vieitez (1969), quienes señalan que las estacas recolectadas en el mes de Octubre (hemisferio sur) no enraízan fácilmente.



Figura 12: Muerte de estacas de castaño, por deshidratación.

3.2 Segundo ensayo (Otoño)

3.2.1 *Juglans regia* L.

En este caso se analizará solamente la tasa de supervivencia de estacas, puesto que no existió enraizamiento, por lo que las variables relacionadas con éste no se pueden evaluar.

Las estacas pre-inducidas *in vivo* de nogal, que fueron colectadas en Otoño, presentaban además de formación de callo (por las heridas realizadas), hinchazón en la zona tratada (Figura 13), lo que indica la acumulación de nutrientes y sustancias precursoras del enraizamiento (Hartmann y Kester).



Figura 13: Formación de callo e hinchazón de la zona tratada en brote epicórmico de nogal.

Supervivencia. El efecto de la pre-inducción es notorio, al analizar la supervivencia de las estacas, donde las estacas inducidas alcanzan en promedio un 100%, muy superior al 4,4% promedio alcanzado por las estacas no inducidas (Figura 14), además esta diferencia es fuertemente significativa. En el caso de la concentración auxínica, esta no tiene efecto significativo sobre la supervivencia.

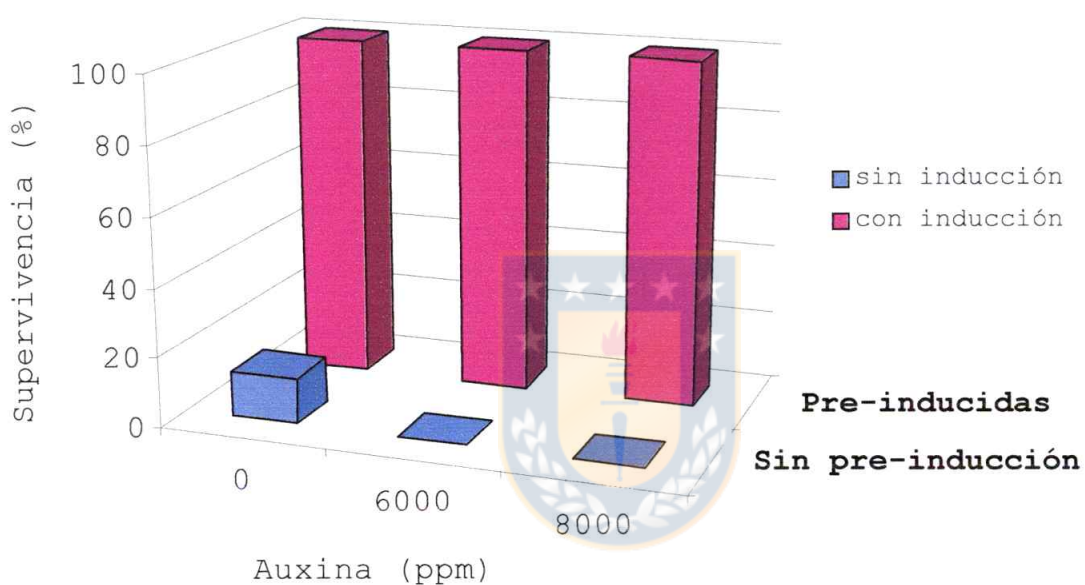


Figura 14: Respuesta de la supervivencia para estacas de nogal según tratamiento inducción-auxina.

El análisis anterior demuestra que la pre-inducción de las estacas mejora prácticamente en un 100% la supervivencia (Figura 15)



Figura 15: respuesta a la supervivencia de las estacas de nogal pre-inducidas.

3.2.2 *Castanea sativa* Mill.

Al igual que las estacas de nogal, Las estacas pre-inducidas *in vivo* de castaño, que fueron colectadas en Otoño, también presentaron formación de callo (por las heridas realizadas), e hinchazón en la zona tratada (Figura 16), lo que al igual que en nogal, indica la acumulación de nutrientes y sustancias precursoras del enraizamiento en lo que será la base de la futura estaca (Hartmann y Kester).



Figura 16: Formación de callo e hinchazón de la zona tratada, en brote epicórmico de castaño.

Enraizamiento, existe diferencia altamente significativa entre las estacas inducidas respecto de las no inducidas, alcanzando en promedio una tasa de enraizamiento del 31% y, logrando un máximo en el tratamiento auxínico T2 una tasa del 58% (Figura 17).

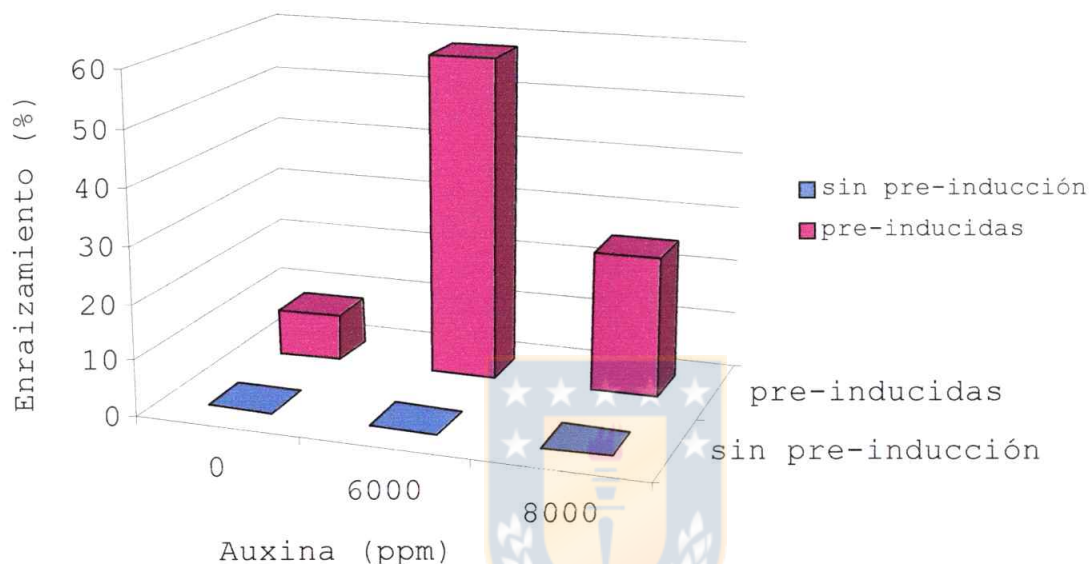


Figura 17: Respuesta rizogénica para estacas de castaño según combinación método de inducción - concentración de auxina.

Entre los tratamientos auxínicos existe diferencia significativa entre el tratamiento testigo (T0) y el T1.

La diferencia significativa entre los tratamientos auxínicos indica que la aplicación de AIB aumenta la tasa de enraizamiento de las estacas pre-inducidas.

También hay que destacar las buenas características (en general) de las estacas enraizadas, como la buena distribución radicular, y la presencia de raíces secundarias (Figura 18).



Figura 18: Formación de raíces en estacas pre-inducidas *in vivo* de castaño.

Un efecto importante de la pre-inducción se observa en la tasa de supervivencia de las estacas, en donde las que fueron pre-inducidas *in vivo* alcanzaron una tasa de supervivencia promedio de 97%, por sobre aquellas tratadas con el método tradicional en donde todas las estacas murieron (Figura 19 y 20). Entre los tratamientos auxínicos no existe diferencia significativa.

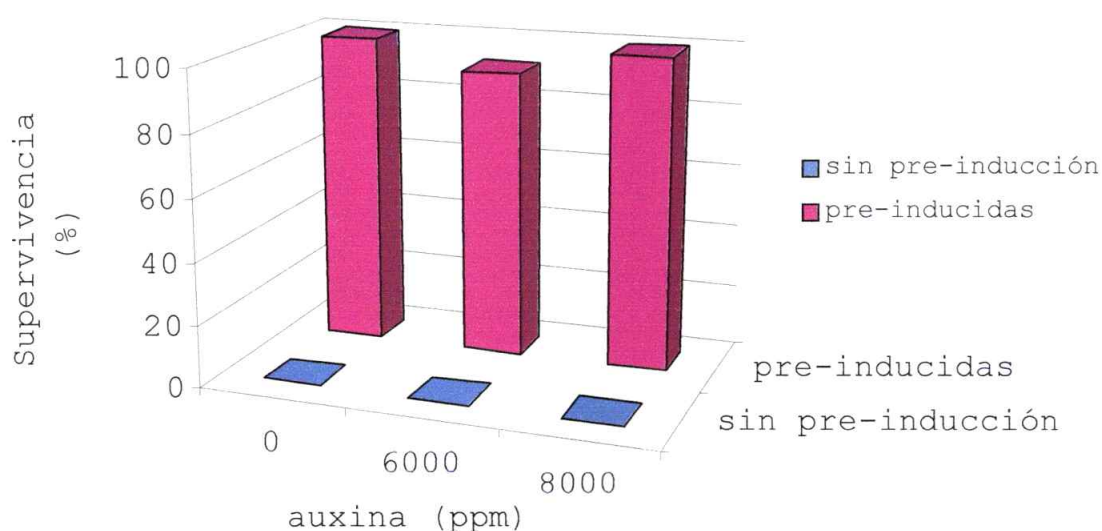


Figura 19: Respuesta de la supervivencia según combinación método de inducción - concentración de auxina.



Figura 20: respuesta de la supervivencia para estacas de castaño según tratamiento inductivo.

El análisis anterior demuestra que en el caso de las estacas pre-inducidas, la concentración auxínica (AIB), no tiene relación con la supervivencia de las estacas, similar resultado se describe en ensayos de enraizamiento de estacas de castaño, en donde no existió diferencia entre el testigo y las tratadas basalmente con AIB en una concentración de 50 ppm (remojadas por 18 hrs) (Rinallo y Gellini, 1987).

Entre las estacas pre-inducidas enraizadas se midió el número promedio de raíces, variable que para los tratamientos auxínicos muestra diferencia significativa entre el tratamiento testigo (T0) y T1 (6000 ppm), alcanzando para las estacas pre-inducidas un promedio de 1,6 raíces por estaca, alcanzando un máximo de 2 raíces en T2 (8000 ppm) (Figura 21).

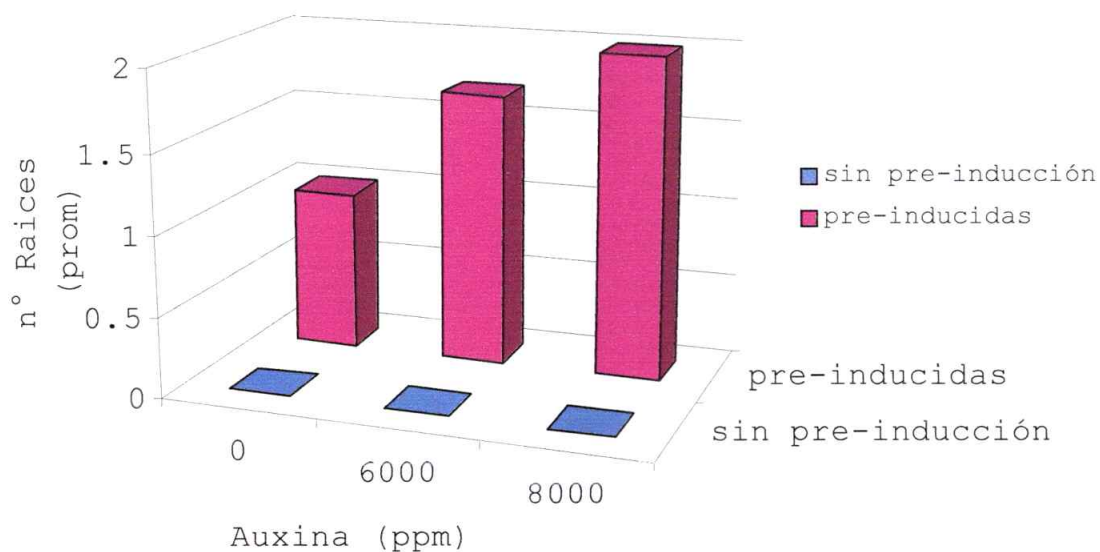


Figura 21: Respuesta del numero promedio de raíces de las estacas enraizadas a la combinación método de inducción - concentración de auxina.

Si bien, no existen diferencias significativas entre T1 y T2, se observa una tendencia a aumentar el número de raíces promedio a medida que aumenta la concentración auxínica. Sin embargo estos valores son menores a los descritos por Rinallo y Gellini (1987), quienes obtuvieron un promedio de 3,7 raíces por estaca.

Entre las estacas con dos raíces principales, la disposición de estas en forma opuesta desde la base del tallo (Figura 18).

A la vez se analizó el largo promedio de la raíz principal de las estacas, no existiendo diferencia significativa entre los tratamientos auxínicos. Esta variable alcanzó un promedio de 12,2 cm (Figura 22).

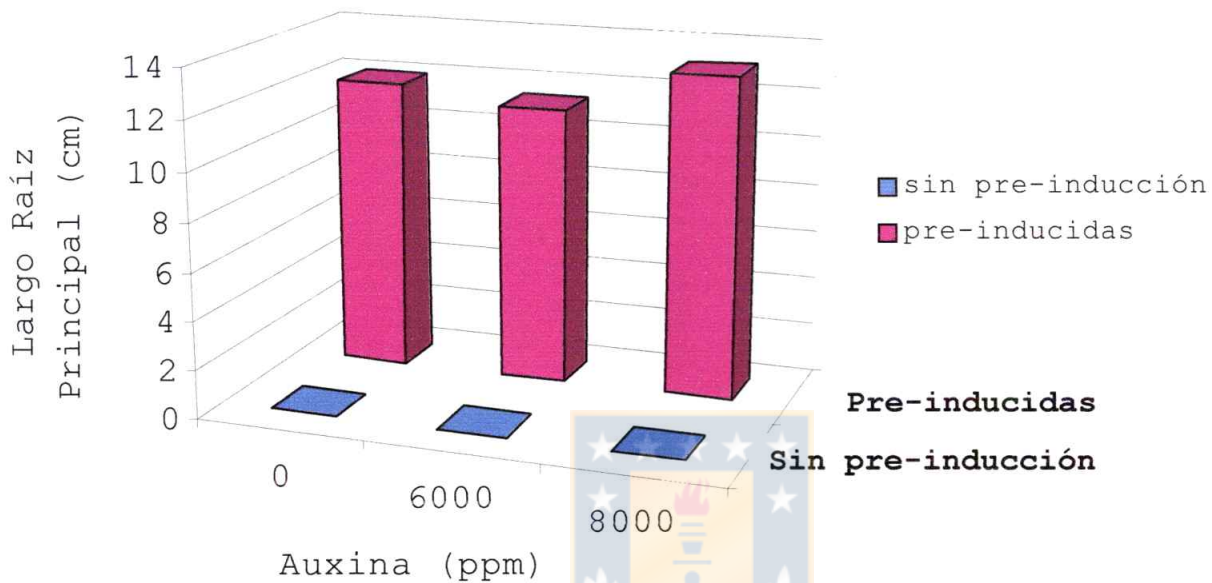


Figura 22: Largo de la raíz principal según combinación método de inducción - concentración de auxina.

El promedio de 12,2 cm de longitud de raíces es mayor que el descrito por Rinallo y Gellini (1987), en sus ensayos de enraizamiento de estacas de castaño, en donde sólo se alcanzó un promedio de 7 cm para el mejor de sus tratamientos.

IV CONCLUSIONES

4.1 Primer ensayo (Primavera)

4.1.1 *Juglans regia* L.

En el mejor tratamiento, Se obtiene una baja tasa de enraizamiento (11,7 %) en las estacas de Nogal cultivadas en compost de corteza de pino y tratadas con AIB, colectadas en Octubre.

El compost de corteza de pino aumenta significativamente la Supervivencia de las estacas de Nogal tratadas con AIB.

4.1.2 *Castanea sativa* Mill.

El cultivo de estacas en Octubre, no muestra respuesta rizogenica, ni supervivencia de estacas, por lo que no es recomendable para la propagación de estacas de castaño.

4.2 Segundo ensayo (Otoño)

4.2.1 *Juglans regia* L.

Mediante el cultivo de estacas en Mayo, no se logra respuesta rizogénica, ni supervivencia en las estacas.

Existe una clara superioridad en formación de tejido callogénico y supervivencia de las estacas pre-inducidas, por sobre las estacas que no fueron pre-inducidas.

4.2.2 *Castanea sativa* Mill.

El tratamiento pre-inductivo permite la propagación de castaño a través de estacas.

La aplicación de auxina en la metodología pre-inductiva aumenta la tasa de enraizamiento de las estacas.

La pre-inducción permite resultados superiores en la tasa de enraizamiento y supervivencia en las estacas cultivadas en Mayo.

V RESUMEN

Debido a la extrema dificultad para obtener estacas enraizadas de castaño y nogal adulto, se prueba el efecto de dos metodologías. La primera consiste en la recolección de estacas en octubre, en donde se evalúa el efecto del sustrato (compost de corteza de pino y vermiculita:perlita, 1:1) y la concentración auxínica (AIB), aplicada a través de pulso hormonal, sobre distintas variables en las estacas de estacas especies. La segunda metodología, evalúa el efecto de la aplicación de un tratamiento de pre-inducción *in vivo* aplicado en el mes de diciembre a brotes epicórmicos, y la concentración auxínica en el pulso hormonal, sobre estacas colectadas en mayo.

En estacas colectadas en octubre se alcanza un máximo de 11,7 % de enraizamiento en nogal, en ambos sustratos y con 6000 ppm de AIB; en el caso de castaño no se observa respuesta rizogénica ni supervivencia de las estacas.

En estacas colectadas en mayo no se observa respuesta rizogénica en nogal, pero sí una supervivencia del 100 % de las estacas pre-inducidas *in vivo*. En el caso de castaño, se alcanza un máximo de 58 % de estacas enraizadas mediante la aplicación del tratamiento de pre-inducción *in vivo* y con un pulso hormonal de 6000 ppm de AIB, con un promedio de 97 % de estacas vivas al final del experimento.

VI SUMMARY

Owing to the extreme difficulty to obtain rooted cuttings of adult chestnut and walnut, is test the effect from two methodologies. The first consists in the shoots collected of october, in which is evaluated the effect of the substrate (compost of pine bark and vermiculite:perlite, 1:1) and the concentration auxinic (IBA), applied through hormonal pulse, on different variable in the shoots of these species. The second methodology, is evaluated the effect of the application of a treatment of pre-induction *in live*, applied in the month of december to epicormic shoots, and the concentration auxinic in the pulse hormonal, on shoots collected in may.

In shoots collected in october is reached a maximum of 11,7 % of rooting in walnut, in both substratum and with 6000 ppm of IBA; in the case de chestnut is not observed rooting response neither survival of the shoots.

In shoots collected in may, is not observed rooting response in walnut, but if a survival of the 100 % of the shoots pre-induced *in live*. In the case of chestnut, is reached a maximum of 58 % de rooted shoots through the application of the treatment pre-induction *in live* and with a hormonal pulse of 6000 ppm de IBA , with a average of 97 % of shoots lives to the final of study.

VII BIBLIOGRAFIA

1. Adriaola, h. e Ibarra, F. 1999. *Paulonia tormentosa*, sus posibilidades en Chile. Rev. Chile forestal, N°277. Conaf, Chile.
2. Areses, M. y Vieitez, E. 1969. Monthly variations in the content of growth substances and inhibitors in cuttings leaf buds and leaves of the chestnut (*Castanea sativa* Mill.). En: Anales de Edafología y Agrobiología. España.
3. Foucard, J. 1997. Viveros de la producción a la plantación. Innovaciones técnicas. Productos. Mercados. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona y México.
4. Hartmann, H. y Kester, D. 1998. Propagación de plantas. Principios y practicas. Segunda edición. Editorial continental. México.
5. Loewe, V., 1991. Nuevas alternativas para diversificar la producción forestal: Nogal (*Juglans regia* L.) y Cerezo (*Prunus avium* L.), dos especies de maderas nobles. Dcto técnico N°56. Rev. Chile forestal. Conaf, Chile.
6. Loewe, V., López, C. y Urquieta, E. 2000. Especies Nobles ¿Dónde plantarlas?. Descripción y resultados de una novedosa metodología desarrollada y aplicada por INFOR. Rev. Chile forestal. Ene-Feb. Conaf, Chile.

7. Loewe, V., Toral, M., Mery, A., Delard, C., López, C. y Urquieta, E. 1997. Monografía de Castaño, *Castanea sativa*. Potencialidad de especies y sitios para una diversificación silvícola nacional. Chile.
8. Loewe, V. y González, M. 1999. Avances en la investigación forestal. Silvicultura de especies no tradicionales (II parte). Rev. Chile forestal, N°278. Conaf, Chile.
9. Mcgranahan, G., Driver, J. y Tulecke, W. 1987. Tissue culture of *Juglans*. En: Bonga, J. y Durzan, D. Forestry Sciences, Cell and Tissue Culture in Forestry, Volume 3, Case Histories: Gymnosperms, Angiosperms and Palms. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht, Boston, Lancaster.
10. Maynard, B. y Bassuk, N. 1998. Etiolation and Banding effects on adventitious root formation. Pgs. 29-43. En: Davis, T. et al. (Eds): Adventitious root formation in cuttings. Discorides Press. Portland, Oregon.
11. Puga, C. 2001. Propagación vegetativa de Lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp et Endl.) Krasser) mediante el enraizamiento de estacas. Tesis de grado. Univ. De concepción. Concepción. Tesis de Ing. Forestal.
12. Rinallo, C. y Gellini, R. 1987. Studies on rhizogenesis in *Castanea sativa* Mill. cuttings. Adv. Hort. Sci.: 27-33.

13. Rinallo, C. y Mariotti, D. 1992. Rooting of *Castanea sativa* Mill. shoots: Effect of *Agrobacterium rhizogenes* T-DNA genes. *Journal of Horticultural Science* 68 (3): 399-407.
14. Sánchez, M. 1996. Bases Macromorfológicas y Moleculares de la Micropropagación de Nogal (*Juglans regia* L. cv. Serr.). Tesis doctoral en Biología. Univ. De Oviedo. Oviedo, España.
15. Sociedad Química y Minera de Chile, 1995. Agenda del Salitre. Ed. Universitaria. Chile.
16. Steel, R. y Torrie, J. 1995. Bioestadística: Principios y procedimientos. Segunda edición. Mcgraw-Hill. México.
17. Sudzuki, F. 1997. Cultivo de frutales menores. Sexta edición. Ed. Universitaria. Chile.
18. Vieitez, A., Vieitez M. y Vieitez, E. 1986. Chestnut (*Castanea spp.*). En: Y.P.S. Bajaj (ed): *Biotechnology in Agriculture an Forestry I*. Berlin, Heidelberg, New york y Tokio.

VIII APENDICE

8.1 Primer ensayo

8.1.1 *Juglans regia* L.

Tabla 1: Análisis de varianza para la variable enraizamiento según los factores evaluados.

Summary of all Effects; design: (1° ensayo de nogal.sta) 1-Sustrato, 2-Auxina						
Effect	df	MS	df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	0.02777778	136	0.06699347	0.41463414	0.52071118
2	3	0.02777778	136	0.06699347	0.41463414	0.74276245
12	3	0.02777778	136	0.06699347	0.41463414	0.74276245

Tabla 2: Análisis de varianza para la variable supervivencia según los factores evaluados.

Summary of all Effects; design: (1° ensayo de nogal.sta) 1-Sustrato, 2-Auxina						
Effect	df	MS	df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	0.5625	136	0.10743464	5.23574162	0.02366962
2	3	0.1736111	136	0.10743464	1.61596954	0.18856099
12	3	0.2662037	136	0.10743464	2.47781992	0.06394744

Tabla 3: Test de Tukey, para el factor sustrato de la variable supervivencia.

Tukey HSD test; variable supervivencia (1° ensayo de nogal.sta) Probabilities for Post Hoc Tests MAIN EFFECT: SUSTRATO		
SUSTRATO	{1}	{2}
	,1944444	,0694444
1 {1}		0.02213472
2 {2}	0.02213472	

Tabla 4: Análisis de varianza para la variable n° promedio de raíces según los factores evaluados.

Summary of all Effects; design: (1° ensayo de nogal.sta) 1-Sustrato, 2-Auxina						
Effect	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	0.111111111	136	0.44607842	0.24908425	0.618527
2	3	0.25	136	0.44607842	0.56043959	0.64203042
12	3	0.37037036	136	0.44607842	0.83028084	0.47940004

Tabla 5: Análisis de varianza para la variable largo de la raíz principal según los factores evaluados.

Summary of all Effects; design: (1° ensayo de nogal.sta) 1-Sustrato, 2-Auxina						
Effect	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	21.0069447	136	18.1809635	1.15543628	0.28431737
2	3	21.1365738	136	18.1809635	1.16256618	0.32647118
12	3	34.5439796	136	18.1809635	1.9000082	0.13253705

- Los datos en color rojo, indican que existe diferencia significativa entre los niveles del factor.

8.2 Segundo ensayo

8.2.1 *Juglans regia* L.

Tabla 6: Análisis de varianza para la variable supervivencia según los factores evaluados.

Summary of all Effects; design: (2° ensayo de nogal.sta) 1-Inducción, 2-Auxina						
Effect	df	MS	df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	20.544445	84	0.02063492	995.61535	0
2	2	0.04444445	84	0.02063492	2.1538462	0.12240282
12	2	0.04444445	84	0.02063492	2.1538462	0.12240282

Tabla 7: Test de Tukey, para el factor inducción de la variable supervivencia.

Tukey HSD test; variable supervivencia (2° ensayo nogal.sta) Probabilities for Post Hoc Tests MAIN EFFECT: INDUCCION		
	{1}	{2}
	1,000000	,0444444
1 ... {1}		0.00011402
2 ... {2}	0.00011402	

8.2.2 *Castanea sativa* Mill.

Tabla 8: Análisis de varianza para la variable enraizamiento según los factores evaluados.

Summary of all Effects; design: (2° ensayo de castaño.sta) 1-Inducción, 2-Auxina						
Effect	df	MS	df	MS	F	p-level
Effect	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	1.68055558	66	0.09217171	18.232875	6.4002E-05
2	2	0.3888889	66	0.09217171	4.2191782	0.01886498
12	2	0.3888889	66	0.09217171	4.2191782	0.01886498

Tabla 9: Test de Tukey, para el factor inducción de la variable enraizamiento.

Tukey HSD test; variable Enraizamiento (2° ensayo castaño.sta)			
Probabilities for Post Hoc Tests			
MAIN EFFECT: INDUCCION			
	{1}	{2}	
INDUCCION	,3055556	0,000000	
1 {1}		0.00017244	
2 {2}	0.00017244		

Tabla 10: Test de Tukey, para el factor concentración auxínica de la variable enraizamiento.

Tukey HSD test; variable Enraizamiento (2° ensayo castaño.sta)			
Probabilities for Post Hoc Tests			
MAIN EFFECT: AUXINA			
Auxina	{1}	{2}	{3}
	,0416667	,2916667	,1250000
....0 {1}		0.0158723	0.61038423
....1 {2}	0.0158723		0.14631975
....2 {3}	0.61038423	0.14631975	

Tabla 11: Análisis de varianza para la variable supervivencia según los factores evaluados.

Summary of all Effects; design: (2° ensayo de castaño.sta)						
1-Inducción, 2-Auxina						
Effect	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	17.0138893	66	0.01388889	1225	0
2	2	0.01388889	66	0.01388889	1	0.37338403
12	2	0.01388889	66	0.01388889	1	0.37338403

Tabla 12: Test de Tukey, para el factor inducción de la variable supervivencia.

Tukey HSD test; variable Supervivencia (2° ensayo castaño.sta)		
Probabilities for Post Hoc Tests		
MAIN EFFECT: INDUCCION		
Induccion	{1}	{2}
	,9722222	0,000000
1 {1}		0.00011355
2 {2}	0.00011355	

Tabla 13: Análisis de varianza para la variable n° promedio de raíces según los factores evaluados.

Summary of all Effects; design: (2° ensayo de castaño.sta)						
1-Inducción, 2-Auxina						
Effect	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	5.01388884	66	0.33207071	15.098859	0.00023906
2	2	1.26388884	66	0.33207071	3.8060836	0.02726547
12	2	1.26388884	66	0.33207071	3.8060836	0.02726547

Tabla 14: Test de Tukey, para el factor inducción de la variable n° promedio de raíces.

Tukey HSD test; variable n° de raíces (2° ensayo castaño.sta)		
Probabilities for Post Hoc Tests		
MAIN EFFECT: INDUCCION		
	{1}	{2}
	,5277778	0,000000
1 {1}		0.0003432
2 {2}	0.0003432	

Tabla 15: Test de Tukey, para el factor concentración auxínica de la variable n° promedio de raíces.

Tukey HSD test; variable n° de raíces (2° ensayo castaño.sta)				
Probabilities for Post Hoc Tests				
MAIN EFFECT: AUXINA				
		{1}	{2}	{3}
		,0416667	,5000000	,2500000
...	0	{1}	0.02054071	0.42712617
...	1	{2}	0.02054071	0.2962752
...	2	{3}	0.42712617	0.2962752

Tabla 16: Análisis de varianza para la variable largo de la raíz principal según los factores evaluados.

Summary of all Effects; design: (2° ensayo de castaño.sta)						
1-Inducción, 2-Auxina						
Effect	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	1	238.347229	66	29.5953274	8.0535421	0.00602763
2	2	48.0034714	66	29.5953274	1.6219949	0.20527738
12	2	48.0034714	66	29.5953274	1.6219949	0.20527738

Tabla 17: Test de Tukey, para el factor inducción de la variable largo de la raíz principal.

Tukey HSD test; largo de raíz principal(2°ensayo castaño.sta)				
Probabilities for Post Hoc Tests				
MAIN EFFECT: INDUCCION				
		{1}	{2}	
		3,638889	0,000000	
1	{1}	0.00615448	
2	{2}	0.00615448	

- Los datos en color rojo, indican que existe diferencia significativa entre los niveles del factor.